تطبيق المنهج الرياضي
في
البحث العلمي عند علماء المسلمين

دراسة في مجال العلوم الطبيعية والكيمائية والفلكية

الدكتور محمد علي محمد الجندي

مدرس الفلسفة الإسلامية

كلية الدراسات العربية والإسلامية

جامعة المنيا

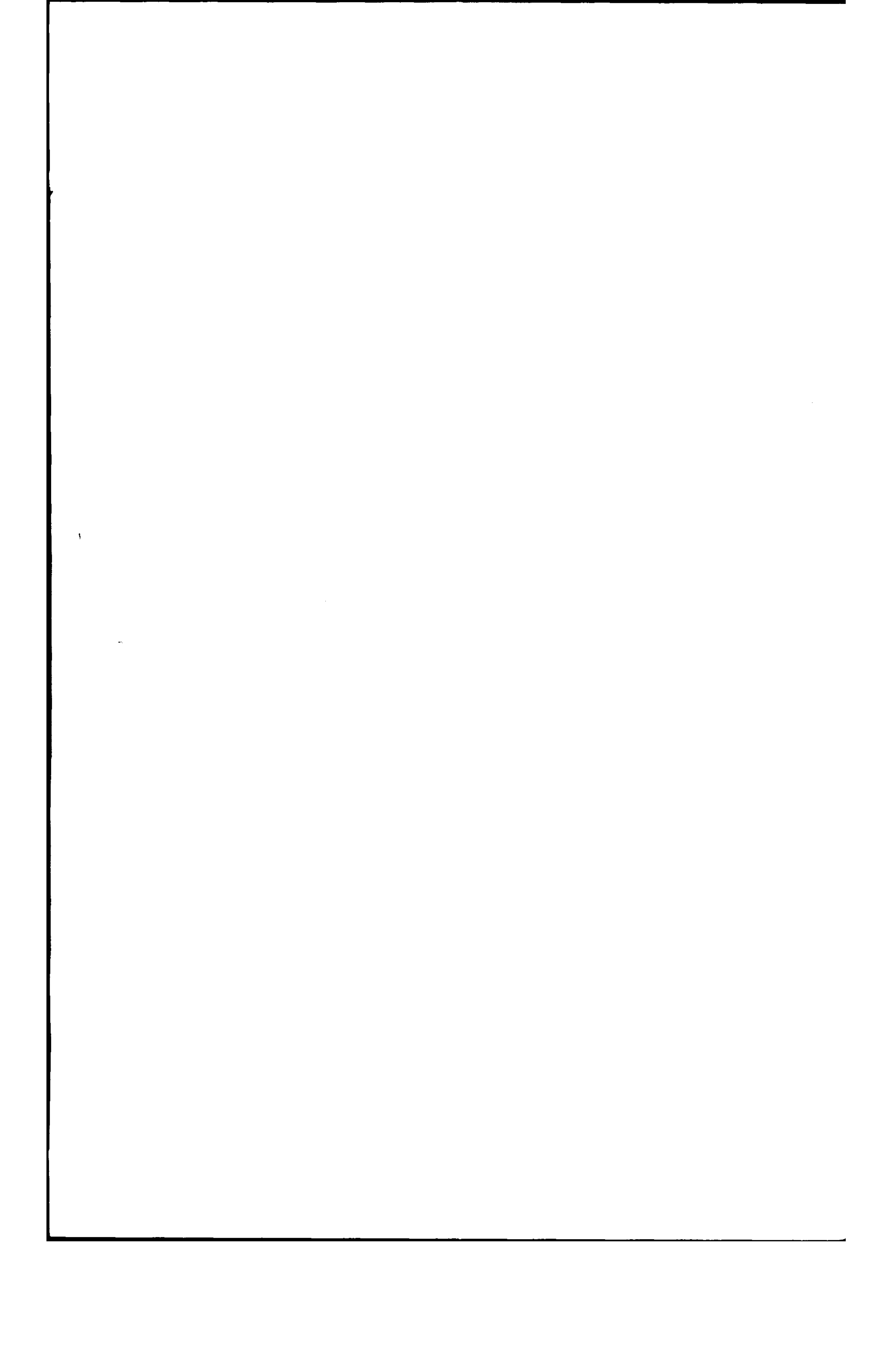
دار الوفاء للطباعة والنشر والتوزيع - المنصورة . ش.م.م



شكر وتقدير

إلى أستاذى العالم الجليل الأستاذالدكتور/ مصطفى حلمى أتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان على ما أولانى به من رعاية وعناية كان لهما أكبر الأثر فيما وصلت إليه من نتائج على صعيد البحث العلمى .

الباحث



إهـــداء

إلى رفيقة رحلتى العلمية الطويلة - إلى زوجتى - أهدى هذا البحث تقديرا لجهدها الدائب فى توفير جو الهدوء وأسباب الراحة لى ، وهى أمور لا يكتمل البحث العلمى بدونها .

الباحـث

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢ / ٢٤٩ .

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على سيد المرسلين سيدنا محمد ، وآله وصحبه ومن والاه إلى يوم الدين .

أما بعد ...

فقد حظيت دراسات المناهج العلمية ـ بشكل عام ـ فى الآونة الأخيرة باهتمام جمهور الباحثين على كافة المستويات .

كما حظى « المنهج الاستقرائى » عند علماء المسلمين ـ بشكل خاص ـ بدراسات وفيرة ومستفيضة .

حيث أكدت تلك الدراسات على أن هذا المنهج نشأ أصيلا فى دوائر الأصوليين المسلمين ، وانتقل إلى مرحلة التطبيق على أيدى علماء المسلمين فى عصر الازدهار الذهبى للعلوم الإسلامية حتى نهاية القرن الخامس الهجرى الحادى عشر الميلادى .

وعلى الرغم من تعرض هذه الإنجازات الرائعة لحملة ظالمة متعمدة من علماء المناهج الأوربيين الذين أغفلوا عن عمد هذا الدور الرائد والنشط لعلماء المسلمين فى تأصيل منهج الاستقراء التجريبى على صعيد البحث العلمى ، إلا أن هذا التجنى المتعمد لدور العلماء المسلمين لم يدم طويلا .

فقد أشار بعض المنصفين من الغربيين ممن أرَّخوا للبحث العملى إلى دور المسلمين ، وما أسهموا به من إنجازات علمية ، أكدت بما لا يدع للشك سبقهم لعلماء عصر النهضة الأوربية فى إرساء قواعد هذا المنهج على صعيد النظرية والتطبيق .

ولما كانت الطريقة العلمية المعاصرة ، ترى أن منهج الاستقراء التجريبى لا ينهض بمفرده على القيام بمتطلبات البحث العلمى كاملة . من حيث كون أن منهج العلم المعاصر هو منهج « فرضى استنباطى » ، يتخذ إلى جانب الاستقراء العلمى بأدواته المعروفة (من ملاحظة وتجربة وصياغة فروض واستنباط قوانين) ، يتخذ (المنهج الرياضى ، والعلم الرياضى بفروعه المختلفة) وسيلة للتثبت من صدق ما يتوصل إليه من نتائج تجريبية . وذلك عن طريق استخدام اللغة الرمزية الرياضية الدقيقة فى صياغة النتائج ، والتعبير عن القانون العلمى بلغة كمية قياسية منضبطة .

ومن هنا صحت عزيمتى على محاولة التماس تكامل هذا المنهج العلمى لدى علماء المسلمين ، والاشتغال بإثبات سبقهم إلى فهم هذه الطريقة العلمية المعاصرة والمتكاملة ، والتى تقوم على تطبيق المنهج الرياضى الاستنباطى واستخدام أدوات العلم الرياضى وفروعه المختلفة فى البحث التجريبى .

وقصدت من ذلك إبراز الحقائق التالية :

الأولى :

إثبات أن المنهج الاستقرائى نشأ أصيلا لدى علماء المسلمين ، فى أبحاثهم المنهجية والعملية .

والثانية :

بيان أنهم طبقوا المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى المختلفة ، وامتداد أثر هذا التطبيق إلى مختلف فروع علوم الطبيعة والكيمياء والفلك والجغرافيا ، والملاحة البحرية ، فحققوا بذلك شروط المنهج العلمى المعاصر بكافة مواصفاته العلمية ، كما توصلوا إلى نتائج علمية باهرة فى هذا المجال .

أما الثالثة :

فقد عمدت فيها إلى إثبات قصور مناهج علماء المناهج الغربيين عن فهم أبعاد ومتطلبات البحث العلمى بشقيه الاستقرائى والاستنباطى بأدلة يقينية ،

لدحض الآراء التى سيطرت على عقول معظم المؤرخين من أن المنهج العلمى الحديث هو وليد العقلية الأوربية دون غيرها .

ومن أجل تجلية هذه الحقائق لم نشأ أن نستخرج هذه الأمور المنهجية والتطبيقية إلا من واقع أبحاث علماء المسلمين المختلفة ؛ لتقف على مدى تطبيقهم للمنهج الرياضى فى العلوم الطبيعية والكيميائية والفلكية . وتحقيقهم لجملة نتائج رائعة على صعيد البحث العلمى .

وبناء على ذلك ، فقد قمنا بمعالجة هذا الموضوع ، ودللنا بما توفر لدينا من نصوص فكرية وآراء علمية ، على أن المسلمين هم أول من أدركوا الطريقة العلمية المتكاملة فى البحث ، والمعبرة عن المنهج العلمى الحديث بكل أبعاده ، حيث أدركوا طبيعة المنهج الاستقرائى فى البحث التجريبى ، كما اتخذوا من المنهج الرياضى والعلم الرياضى وسيلة لضبط نتائج التجربة ، وصياغة القانون العلمى ، فحققوا بذلك أهم شروط منهج العلم بمواصفاته الكاملة ، وحققوا إنجازات كبيرة فى ميادين العلم المختلفة . سبقوا بها علماء الغرب الذين خلت مناهجهم من الإشارة إلى دور الرياضيات فى تطوير مناهج البحث العلمى .

أما فيما يختص بالمنهج الذى اتبعناه فى معالجة هذا الموضوع ، فهو المنهج التحليلى والمقارن . حيث نحلل الآراء والإنجازات العلمية لعلماء المسلمين ، الذين أوردنا ذكرهم كنماذج متميزة استطاعت التوصل إلى نتائج علمية إيجابية على صعيد البحث العلمى . ثم نقارن هذه العناصر المستخلصة فى صورتها النظرية والتطبيقية بما تم التوصل إليه فى العصر الحديث ، وبما يؤكد سبق المسلمين إلى هذه الإنجازات وقصور مناهج العلماء الغربيين عن تحقيق هذه النتائج العلمية المتقدمة .

وأود هنا أن أشير إلى أن نماذج العلماء التى قمت باختيارها لتحرى أصول المنهج وتطبيقاته لديهم سواء من المسلمين أو الغربيين إنما هو اختيار يحقق الهدفين التاليين :

الأول :

أن جملة العلماء المسلمين الذين تلمسنا تكامل المنهج العلمى لديهم فى حقول الطبيعة والكيمياء ، والفلك والجغرافيا والملاحة البحرية يمثلون حقبة

تاريخية فى عمر الحضارة الإسلامية الزاهرة ، تقع فى منتصف القرن الخامس الهجرى ، وهى مرحلة تاريخية تشكل أقصى ماوصل إليه هذا المنهج فى مجال التطور والنمو . وأن متابعة المنهج بعد هذه المرحلة التاريخية لا تأتى بجديد .

الثانى :

إن اختيارنا لفرنسيس بيكون (١٥٦١ ـ ١٦٢٦ م) ، وجون ستيوارت مل (١٨٠٦ ـ ١٨٧٣ م) كنموذجين معبرين عن موقف علماء المناهج الغربيين من المنهج الرياضى . إنما يرجع إلى كون الأول يعد من وجهة نظر علماء المناهج مؤسس المنهج العلمى التجريبى الحديث ، وقد تتبعنا بالنقد وجوه القصور المتعددة فى منهجه . أما الثانى فإن منهجه الاستقرائى يعد الكلمة الأخيرة فى منهج بيكون الاستقرائى ، فهو من التجريبين المتأخرين ، والمتأثرين ببيكون ، وقد وضع بعد مائتين وخمسين عاما من وفاة بيكون منطقا استقرائيا لا يكاد يرد فيه ذكر للمنهج الرياضى ، وكان فى أساسه صياغة جديدة لأفكار بيكون .

وقد قسمنا الكتاب إلى تمهيد ، وثلاثة أبواب رئيسية مع خاتمة . ويشتمل الباب الأول على ثلاثة فصول ، والباب الثانى أربعة فصول ، أما الباب الثالث فيشتمل على فصلين . على النحو التالى :

خصصنا التمهيد للحديث عن المنهج على وجه العموم فى العلوم عند المسلمين ، وكيف أن البيئة الإسلامية ميزت العلماء المسلمين بحصانة فكرية طرحوا بواسطتها أى لون من ألوان التفكير الخارجي ، وتمسكوا بمنهج إسلامى خالص دفعهم للإبداع والابتكار . ولا عجب إذا علمنا أن علماءنا قد اهتدوا فعلا إلى المنهج الاستقرائى قبل أن يهتدى إليه الغـــرب بمئات السنين . فقد نشأ أصيلا فى دوائر الأصوليين ، حيث تمثل مباحث الاستدلال الإسلامية مناهج البحث العلمى عند المسلمين .

تنبه المسلمون بعد ذلك إلى أن منهج الاستقراء لا يمثل سوى مرحلة من مراحل الاستدلال العقلى ، وأنه لا ينهض بمفرده على تغطية دائرة البحث العلمى المتكامل .

ومن ثم مارسوا إلى جانب ذلك مناهج أخرى فى عملية البحث العلمى

كمنهج القياس ، ومنهج التمثيل ، والمنهج الفرضى ، والمنهج الرياضى وهذا الأخير استطاعوا تطوير مباحثه وفروعه ؛ لتكون أداة منهجية قادرة على التعبير عن نتائج العلوم الطبيعية وصياغة مبادئها العامة . ثم عرضنا لأثر الإسلام بمصادره وعقيدته فى ممارسة المناهج ، فمنهج القرآن الكريم بأدلته العقلية المختلفة يمثل المنهج الحقيقى للاستدلال العلمى ، والحض على النظر العقلى ، واستخدام الحواس فى طلب العلم .

ثم تناولنا بعد ذلك أبعاد العلاقة بين النظر والتطبيق وكيف أن المنهج نشأ نظريا ، ثم انتقل إلى مرحلة التطبيق على أيدى العلماء المسلمين . الأمر الذى ساعد على تطوير نظريات العلم لديهم فى مجالات العلم المختلفة .

أما فى الباب الثانى فقد تحدثنا فى الفصل الأول منه عن مفهوم المنهج الرياضى ، وعلاقته بالمنهج الاستقرائى كمدخل نظرى لفهم طبيعة كلا المنهجين وما بينهما من فروق جوهرية . فعرضنا لأسس المنهج الرياضى ومقدماته وخصائصه ، وطبيعة الاستدلال الرياضى باعتباره استدلالا استنباطيا عقليا مجردا ، نقطة البداية فيه مجموعة القضايا الأولية أو المبادىء التى تتخذ أساسا للبرهان وصياغة النظريات .

ثم عرضنا لعلاقة المنهج الرياضى بالمنهج الاستقرائى ، وبيّنا كيف أن الاستدلال فى كلا المنهجين « استدلال فرضى استنباطى » ؛ لأن المبادئ والتعريفات الرياضية ليست إلا فروضا يسلم الرياضى بصحتها ثم يأخذ استنباط نتائجها والتحقق من صدقها . كذلك تسلك العلوم الطبيعية نفس المسلك لأنها تضع الفروض وتستنبط منها النتائج التى يجب التحقق من صدقها بالملاحظة والتجربة .

ثم عرضنا فى الفصل الثانى لمنهج الاستقراء لدى علماء المسلمين وأبعاده العلمية والمنهجية ، وكيف أنه نشأ أصيلا فى الفكر الإسلامى .

ثم تناولنا فى الفصل الثالث أبعاد تطبيق المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى . وكيف أن استخدام المنهج الرياضى والعلم الرياضى بفروعه المختلفة أدى إلى تطوير الملاحظة العلمية ، والتجربة العملية والفروض العلمية ، كما ساعد على صياغة القانون العلمى بطريقة كمية دقيقة لا بطريقة كيفية وصفية .

وفى الباب الثانى تناولنا دور الرياضيات فى تطوير البحث العلمى عند المسلمين ، وكيف أن استخدام العلم الرياضى بفروعة المختلفة من حساب وجبر وهندسة وحساب مثلثات أدى إلى تطوير الطريقة العلمية فى مجالات العلم المختلفة .

ففى الفصل الأول منه أوضحنا كيف أن استخدام العلم الرياضى فى مباحث علم الطبيعة (مباحث الضوء والميكانيكا والأيدروستاتيكا) أدى إلى اكتشاف نظريات تؤكد سبق علماء المسلمين فى هذا المجال .

وفى الفصل الثانى بَيَّنا كيف أن استخدام الميزان كأساس رياضى فى علم الكيمياء أدى إلى تطوير مباحث هذا العلم وضبط نتائجه .

وفى الفصل الثالث تكلمنا عن أثر العلم الرياضى فى تطوير مباحث علم الفلك بكافة فروعه ، وكيف أمكن استخدام البرهان الهندسى فى تحديد أوج الشمس ، وقياس محيط الأرض وغيرها من الأمور الفلكية الدقيقة .

أما فى الفصل الرابع فقد تكلمنا عن الجغرافيا الرياضية ومباحثها المختلفة ، وبينا كيف أن استخدام العلم الرياضى أدى إلى تطوير فن رسم الخرائط (الكارتوغرافيا) وتحديد خطوط الطول والعرض لتحديد مواقع البلدان والمعمور من الأرض . ثم تحدثنا عن أثر استخدام هذه الخرائط الجغرافية فى تطوير فن الملاحة البحرية ، وأثر ذلك على ارتياد ما كان مجهولا من البحار والمحيطات .

أما الباب الثالث فقد خصصناه لبيان الوسائل والطرق ، التى انتقل بها العلم الإسلامى إلى علماء النهضة الأوربية الحديثة ، من أمثال روجربيكون وليوناردودافنشى ، ونقولا كويرنيكس وجوهانز كبلر ، وجاليليو وإسحق نيوتن وكيف أنهم تأثروا بالطريقة العلمية المتكاملة فى البحث العلمى لدى علماء المسلمين . فمهدوا بذلك الطريق لقيام عصر النهضة ، ونشأة المنهج التجريبى فى أوربا الحديثة .

وفى الفصل الثانى تعرضنا بالنقد والتحليل لموقف علماء المناهج الغربيين من المنهج الرياضى فى البحث العلمى ، وخاصة عند فرنسيس بيكون وجون ستيوارت مل ، وأوضحنا كيف أن مناهجهم التجريبية تخلو من الإشارة إلى دور الرياضيات فى البحث العلمى ، ولا تفى بمتطلبات البحث العلمى بمعناه الحديث . وانتهينا من هذا النقد إلى أن المسلمين كانوا أكثر دقة فى فهم طبيعة

المنهج العلمى الحديث ، القائم على التجربة والاستنباط الرياضى فى صياغة النظرية العلمية .

أما الخاتمة فقد عرضنا فيها لأهم النتائج التى حققها علماء الإسلام فى مجال تطبيق المنهج الرياضى فى البحث التجريبى ، ودلالات تلك النتائج وآثارها على المنهج العلمى الحديث .

وإنى إذ أرجو مخلصا من الله سبحانه وتعالى أن يكون عملى هذا بمثابة لبنة متواضعة فى صرح الحضارة الإسلامية العربية الزاهرة لتصحيح التشويه الذى أصاب تاريخنا العلمى على مر العصور ، ولإعادة الثقة بالنفس للأجيال الجديدة لوصل ما انقطع من جهود علمائنا الذى نفخر بأنهم كانوا أول من أسس مرتكزات الحضارة العلمية الحديثة .

والله الموفق إلى سواء السبيل .

القاهرة فى ٥ أبريل ١٩٨٨ — محمد على الجندى

التمهـــيد

- حول المنهج فى العلوم عند المسلمين
- الاستدلال العلمى فى القرآن الكريم
- العلاقة بين الجوانب النظرية والتطبيقية فى المنهج عند المسلمين

تمهيد

اختلفت الآراء وتباينت الأحكام حول طبيعة المنهج العلمى فى الفكر الإسلامى . حتى ذهب بعض الغربيين المتعصبين للجنس الآرى ، والمتأثرين بالغرب إلى اعتبار أن المنهج العلمى وليد العقلية الأوربية إبان نهضتها العلمية فى العصر الحديث ، إذ يرى بعض مؤرخى العلم من الغربيين أنه يمكن تقسيم العصور العلمية إلى عصرين رئيسين :

الأول العصر الإغريقى ويمتد من سنة ٦٠٠ ق . م ـ سنة ٢٠٠ م ...

أما العصر الثانى فهو عصر النهضة الحديثة ، التى تبدأ من سنة ١٤٥٠ م ، والتى نعيش فيها وفى فيضها فى الوقت الحاضر ، على أن هؤلاء قد أغفلوا عصر ماقبل الإغريق من مصريين وآشوريين وبابليين ، كما أغفلوا العصر الإسلامى الزاهر[١] الذى ازدان بالعديد من العلماء والمفكرين أمثال ابن الهيثم ، وابن سينا ، والبيرونى والفارابى وجابر والكندى وغيرهم .

غير أن هذا الحكم الخاطىء والمتحيز لم يمنع من ظهور آراء أخرى تؤكد على الدور العلمى للمسلمين ، وما قدموه من جليل الأعمال التى خدمت العلم فى مختلف الميادين . ويعترف آخرون بوجود نوع من التفكير العلمى لدى المسلمين ، إلا أنه متأثر بروافد خارجية أسهمت فى مثل هذا اللون من التفكير ، فالمسلمون مدينون لسابقيهم فى هذا المجال ... إلى غير ذلك .

ولست هنا بصدد ذكر هذه الآراء المتعددة والمختلفة ، فإن هذا الجانب سوف يتكفل به البحث فى فصوله القادمة . وستكون مهمتى بإزاء هذه المشكلة هى دراسة طبيعة المنهج عند المسلمين ، وكيف نشأ فى دوائر العلوم الإسلامية وكيف امتزجت المناهج عند المسلمين فى وشيجة واحدة ، أدت إلى

---

(١) د. عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٥ ص ٢١ .

إحداث تطور كبير فى منهج البحث العلمى .

ومن هنا سوف نلتمس الأصول والبواكير لنشأة المنهج الاستقرائى فى مجال البحث العلمى ، وسنرى أن البيئة الإسلامية بواجهاتها العلمية المختلفة ، هى الدافع لنشأة هذا المنهج فى هذه المرحلة المبكرة . فقد ظهرت البواكير الأولى لمنهج الاستقراء فى مجالات علوم الحديث ، واللغة والفقه وعلم الكلام ، وهذه العلوم بأجمعها بحثت ودونت وتحددت مناهجها استجابة لمتطلبات الخصائص الإسلامية ، حيث اعتمدت هذه العلوم على الطريقة الاستقرائية فى استخلاص أحكامها .

كذلك كان المنهج الرياضى ، وللعلوم الرياضية مكانتها الكبيرة عند المسلمين فقد تحقق المنهج الرياضى بمواصفاته العلمية المعروفة فى مجال الفكر الإسلامى بدوائره العلمية والفلسفية ، أى فى مجال النظر والتطبيق ، وكان لتبنى العلماء لكلا المنهجين أثره الكبير فى تقدم العلوم وفى تطوز الطريقة العلمية ، وهذا ما يؤكد أصالة المنهج فى الفكر الإسلامى .

وقد يتبادر إلى الذهن أن الفكر الإسلامى فى مراحله الأولى من التدوين العلمى كان قد التقى بروافد فكرية خارجية ، وخاصة الفكر اليونانى بما فيه المنطق الأرسطى ، وأن المنهج الاستقرائى عند المسلمين قد تأثر بذلك التراث . إلا أن هذه المسألة مستبعدة إلى حد كبير . فقد قوبل المنطق الأرسطى بالرفض من دوائر المتكلمين والأصوليين الأولين ، كما وقف أهل السنة والجماعة من هذا المنطق موقف العداوة التامة ، لاستناده إلى ميتافزيقا وإلهيات يونانية مغرقة فى الوثنية ، وبعيدة كل البعد عن عقيدة الإسلام .

ولسنا هنا بصدد بيان أوجه هذا النقد ، فقد سبقت إليه دراسات عديدة [1] ، أوضحت موقف علماء المسلمين أمثال ابن الصلاح الشهرزورى (المتوفى سنة ٦٤٣) ، وابن تيمية الحنبلى (المتوفى سنة ٦٢١ هـ) والذى

---

(١) من أبرز هذه الدراسات ، الدراسة الممتازة لأستاذنا الدكتور على سامى النشار ـ رحمه الله ـ فى كتابه مناهج البحث عند مفكرى الإسلام واكتشاف المنهج العلمى طبع دار المعارف سنة ١٩٦٧ .

يلخص أستاذنا الدكتور مصطفى حلمى منهجه بقوله « لعل من أبرز معالم منهج شيخ الإسلام ابن تيمية هو هدمه للمنطق الأرسطاليسى وتقويضه من أساسه ، فقدم بذلك خدمة لا تقدر - لا للعقيدة والفكر الإسلامى فحسب - بل أسهم فى انتشال فلسفة أوربا وحضارتها من عقم المنطق الصورى ، وعرقلته للعقل البشرى ، ووصل بها إلى المنهج الحقيقى الوحيد الصحيح للتقدم العلمى والمعارف الصحيحة ألا وهو المنهج التجريبى »(١) .

ولقد جارى الدكتور على عبد الله الدفاع نفس المعنى حين ذهب إلى أن علماء المسلمين ثاروا على الفلسفات القديمة وخصوصا اليونانية ، وتجلت هذه الثورة بوضوح فى نقد المنطق اليونانى نقدا علميا منظما ، « ولقد كان الشهرزورى الإشراقى وابن تيمية الحنبلى هما اللذان نهضا إلى نقد المنطق اليونانى نقدا علميا منظما ، ولعل أبا بكر الرازى كان أول من نقد الشكل عند أرسطو واعترض عليه باعتراض جاء به فى زماننا جون ستيوارت مل . وفى كتاب » التقريب فى حدود المنطق « يؤكد ابن حزم أن الحس أصل من أصول العلم ، وابن تيمية بين فى كتابه » نقص المنطق « أن الاستقراء هو الطريقة الوحيدة الموصلة للعلم . وهكذا قام المنهج التجريبى القائل بأن الملاحظة والتجريب هما أساس العلم »(٢) .

وعلى ذلك فقد بات مؤكدا أن علم أصول الفقه الإسلامى يحمل الخصائص المعيارية التى تجعله بالنسبة للتشريع والفقه بمثابة المنطق للفلسفة ، فهو تقييم عام يراعى أصول الاستدلال بنوعيه الاستنباطى والاستقرائى ؛ « لذلك لا نعجب إذا علمنا أن علماءنا قد اهتدوا فعلا إلى المنهج الاستقرائى قبل أن يهتدى الغرب إليه بمئات السنين ، وليس من المصادفة أن يكون دعاة هذا المنهج الأخير من العلماء الذين سجلت لهم صلات ثقافية بالتراث العربى الإسلامى ، من أمثال روجربيكون وغيره »(٣) .

---

(١) د . مصطفى حلمى : منهج علماء الحديث والسنة فى أصول الدين طبع دار الدعوة (الاسكندرية)سنة ١٩٨٢ ص . ٢٢ .

(٢) د . على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ، تعريب وتعليق الدكتور جلال شوقى طبع دار الشروق سنة ١٩٨١ ص ٢ .

(٣) د . محمد كمال جعفر : تأملات فى الفكر الإسلامى طبع القاهرة سنة ١٩٨٠ ص ١٠٨ .

ومن هنا يمكن أن نؤكد أن علماء المسلمين فى هذه المرحلة بالذات ميزهم الإسلام بحصانة فكرية ، طرحوا بواسطتها أى لون من ألوان التفكير الخارجي ، وتمسكوا بمنهج إسلامى خالص دفعهم للإبداع والابتكار ، وأن نزعتهم الاستقرائية من خلال علومهم هذه ـ ليس فيها أدنى تأثير من الأفكار والآراء الوافدة .

وهذا يعنى أن مقومات المنهج لدى الإسلاميين ، نبعت من داخل الفكر ذاته ، حيث « تمثل مباحث الاستدلال الإسلامية أو أدلة العقول مناهج البحث العلمى عند المسلمين » [1] وخاصة لدى علماء أصول الدين وعلماء أصول الفقه على نحو ما سوف نرى .

ولقد تنبه المسلمون بعد أن درسوا طبيعة منهج الاستقراء ، وخلصوا منه إلى نتائج محتملة غير يقينية ، تنبهوا إلى أن هذه الطريقة لا تمثل سوى مرحلة من مراحل الاستدلال العقلى وهذا يعنى أن الاستقراء لا ينهض بمفرده على تغطية دائرة البحث العلمى المتكامل ، فمن الضرورى إذن تطوير طبيعة البحث ، وممارسة عمليات ذهنية أخرى تستوعب متطلبات البحث العلمى لإعطائه كامل مواصفاته .

طرق ومناهج البحث عند المسلمين :

ومن هنا استعان المسلمون بطرق ومناهج أخرى مارسوها فى عملية البحث وصياغة النظرية العلمية ، وخرجوا من مجموع تلك المناهج بنتائج تؤدى إلى استيعاب متطلبات البحث العلمى الدقيق .

فإلى جانب ممارستهم الاستقراء كمنهج أساسى فى بحوثهم العلمية كما أشرنا ـ فقد استعانوا بمنهج القياس Syllogism ، والتمثيل Analogy ، والمنهج الفرضى Hypothetical Method والمنهج الرياضى Mathematical Method .

---

(١) د . على سامى النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام طبع دار المعارف سنة ١٩٦٧ ص ١٠٣ .

وسوف نعرض لهذا الأخير بشيء من التفصيل حيث أنه يقع فى نطاق دراستنا هذه ، أما بالنسبة لباقى المناهج فإن دراستها بتفصيلاتها لا يستوعبه مثل هذا المجال . إلا أننا سوف نعرض لها ، على اعتبار أنها من جملة المناهج التى مارسها المسلمون فى مجالات البحث العلمى المختلفة .

ا ـ منهج القياس :

يعد القياس نوعا من الاستدلال إذا سلمنا فيه ببعض الأشياء لزم عنها بالضرورة شيء آخر [1] فإذا سلمنا بمقدمات معينة لزم عنها بالضرورة شيء آخر غير هذه المقدمات وهى النتائج . أو بمعنى آخر فالقياس هو ذلك الشكل المنطقى المكون من مقدمتين تلزم عنهما نتيجة بالضرورة [2] .

وقد هاجم الأصوليون منهج القياس بمعناه الأرسطى ، واعتبروه غير موصل إلى اليقين .

فابن تيمية يرى أنه ليس ثمة حاجة إلى وجود حد أوسط فى القضية القياسية ، ذلك لأن القضايا البديهية لا تحتاج حد أوسط لإدراكها ، وإنما يكفى الوصول إليها بحدس عقلى مطلق ، يقول ابن تيمية « البديهى من التصديقات ما يكفى تصور طرفيه (موضوعه ومحموله) فى حصول تصديقه فلا يتوقف على وسط بينهما ـ وهو الدليل الذى هو الحد الأوسط ـ سواء كان تصور الطرفين بديهية أو لم يكن »[3] .

كما تطرق ابن تيمية إلى نقد اشتراط وجود قضية كلية موجبة فى القياس الشمولى ، وأكد على إمكان علمنا بالنتيجة بدون توسط ذلك البرهان ، فلسنا

---

(١) د . محمود قاسم : المنطق الحديث ومناهج البحث ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ ص ١٩ ، وقد لاحظ الدكتور محمود قاسم أن هذا التعريف الأرسطى للقياس اقتصر تطبيقا على علاقات التضمن وحدها : أى أن القياس اقتصر على القضايا التى تتضمن فيها الحدود بعضها بعضا .

(٢) أرسطو : منطق أرسطو ، تحقيق الدكتور عبد الرحمن بدوى طبع القاهرة ١٩٤٩ جـ ١ ص ١٠٨ .

(٣) ابن تيمية : الرد على المنطقيين طبعة بومباى ١٩٤٩ ص . ٧ .

فى حاجة إلى حد أوسط أو وضع مقدمتين معا للتوصل إلى نتيجة [1].

كذلك يرى ابن تيمية أن القول بالاقتصار على مقدمتين فى القياس بلا زيادة هو قول « باطل طردا وعكسا » [2] ، ذلك لأن حاجات المستدلين مختلفة فمنهم من لا يحتاج فى علم إلى استدلال على الإطلاق بل يعلمه بالضرورة ، ومنهم من يحتاج إلى مقدمة واحدة ، ومنهم من يحتاج إلى أربع أو أكثر [3] .

وبذلك أرجع الأصوليون القياس إلى نوع من الاستقراء العلمى [4] الدقيق القائم على فكرتين أو قانونين ، وهما فكرة العلية أو قانون العلية ، وقانون الاطراد فى وقوع الحوادث وهما نفس الفكرتين اللتين أقام جون استيوارت مل استقراءه العلمى عليهما .

ولقد تجلى منهج القياس عند علماء المسلمين فى البحوث العلمية لدى الحسن بن الهيثم خاصة . وقد أشار المرحوم مصطفى نظيف إلى أن عناية ابن الهيثم بالقياس تتجلى فى جميع بحوثه ، « فهو بعد أن يثبت المبادىء الأولية بالاعتبار (التجربة) يتخذ تلك المبادىء قضايا يستنبط منها بالقياس النتائج التى تفضى إليها . ويشرح على هذا النمط كثيرا من الظواهر العامة فى الضوء » [5] .

وهكذا يلتحم القياس إلى جانب الاستقراء لبناء قواعد منهجية أكثر قدرة على صياغة النظرية العلمية ؛ ليكون هذا البناء شاملا لعناصر البحث العلمى بصورة دقيقة .

ب ـ منهج التمثيل :

ولم يقف الأمر عند هذا الحد لدى المسلمين فى منهج البحث ، فلقد

---

(١) د . النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ٢٤٣ .
(٢) ابن تيمية : المصدر السابق ص ١٦٨ .
(٣) د . النشار : المصدر السابق ص ٢٤٣ .
(٤) المصدر السابق ص ١٠٥ .
(٥) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية طبع القاهرة عام ١٩٤٣ الجزء الأول ص ٤٩ .

استعانوا « بمنهج التمثيل » باعتباره مرحلة أخرى تسهم فى إطار البحث .

و«التمثيل » أو « الأنالوجى » عند المتكلمين هو « قياس الغائب على الشاهد » [1] أى البعيد المجهول على القريب المعلوم . ويقصد به فى العلم : « نقل حكم ظاهرة إلى ظاهرة أخرى تماثلها فى أمر من الأمور » [2] .

فالحكم الذى يطلق على ظاهرة مدروسة يمكن الاستعانة به لإطلاقه على أى ظاهرة أخرى تتصف بنفس الصفة ، التى من أجلها نالت الظاهرة الأولى حكمها ، ولهذا تكتسب الظاهرتان حكما كليا ، انطبق على الأولى بالدراسة والمشاهدة ، وعلى الثانية بالإلحاق نتيجة لصفة مشتركة اعتمدها ذلك الحكم الكلى ، يقول الفارابى « التمثيل إنما يكون بأن يوجد أو يعلم أولا أن شيئا موجودا لأمر جزئى فينقله الإنسان من ذلك الأمر إلى أمر جزئى شبيه بالأول ، فيحكم به عليه إذا كان الأمران الجزئيان يعممهما المعنى الكلى الذى هو من جهة وجود الحكم فى الجزئى الأول أظهر وأعرف وفى الثانى أخفى فالأول مثال والثانى ممثل بالأول ، وحكمنا بذلك عليه تمثيل الثانى بالأول »[3] .

وقد ذهب ابن سينا إلى نفس المعنى بقوله « والجزئى إذا علم وجود حكم عليه كان ذلك ظنا بالقوة فى جزئى آخر أنه كذلك ، إذا كان يشاركه فى معنى وذلك بالتمثيل »[4] .

وفى حقيقة الأمر أن التمثيل كمنهج للبحث ظهر لدى المتكلمين والأصوليين فى قياسهم الغائب على الشاهد لاشتراكهما بصفة معينة توجب نقل الحكم بينهما . قال أبو بكر الباقلانى فى معرض حديثه عن طرق الاستدلال « ومنها أن يجب الحكم والوصف للشىء فى الشاهد لعلة ما على كل من وصف بتلك

---

(١) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب طبع بيروت (الطبعة الأولى ١٩٧٢) ص ١٠٢ .

(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم ، ١/ ٤٩ .

(٣) الفارابى : كتاب المجموع طبع القاهرة سنة ١٣٢٥ هـ ص ١١٢. ويلاحظ أيضا : الفارابى : معيار العلم طبع بيروت سنة ١٩٦٤ ص ١٢٠ .

(٤) ابن سينا : كتاب الشفاء (البرهان) تحقيق الدكتور عبد الرحمن بدوى طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ ص ١٥ .

الصفة فى الغائب ، فحكمه فى أنه مستحق لها لتلك العلة حكم مستحقها فى الشاهد ؛ لأنه يستحيل قيام دليل على مستحق الوصف بتلك الصفة مع عدم ما يوجبها »[١] .

انتقال منهج التمثيل إلى مجال البحوث العلمية :

انتقل هذا المنهج بعد ان استكمل أركانه لدى الأصوليين فى صورته المتكاملة ليمثل مكانه فى البحوث العلمية لدى المسلمين . فقد استعان ابن الهيثم بالتمثيل كأداة فى مواضع مختلفة من بحوثه فى الضوء . وأوضح مثال لذلك بحوثه فى الانعكاس . فهو لم يقنع بإثبات قانون الانعكاس واستنباط ما يترتب عليه من أمور ، بل أرادأن يبين علة الانعكاس ويفسر كيفية حدوثه ، فمثل لهذا الانعكاس بظاهرة الممانعة [٢] فى الجسم المتحرك ثم قاسه عليها وبذلك « ابتدأ بشرح مايحدث إذا كُرَةٌ صلبة صغيرة متحركة وقعت على سطح جسم يمنعها من الاستمرار فى الحركة على السمت الأول ، وكيف ترتد الكرة عن هذا الجسم ، ثم قاس انعكاس الضوء على ارتداد هذه الكرة وصقيل السطح العاكس للضوء على صلابة الجسم المانع لحركة الكرة ، فهو على هذه الصفة يمثل لا نعكاس الضوء بمثال ميكانيكى »[٣] .

والظاهر من استعراض ابن الهيثم لمنهج التمثيل أنه كان متأثرا إلى حد بعيد بعلماء الأصول من المتكلمين والفقهاء ، حتى أنه كان غالبا ما يستعير مصطلحاتهم [٤] للتعبير بواسطتها عن طبيعة هذا المنهج وحدوده العلمية [٥] .

كذلك استخدم علماء المسلمين منهج التمثيل فى مجالات بحوث علم الفلك

---

(١) الباقلانى : كتاب التمهيد ، تصحيح الأب ريتشر ويوسف مكارثى ، طبع بيروت سنة ١٩٥٧ ص ١١ ـ ١٢ .

(٢) المقصود بالممانعة : « هى الخاصية الموجودة فى الجسم المانع والتى من أجلها يرتد الجسم المتحرك عليه إذا لقيه » نظيف : الحسن بن الهيثم جـ ١ ص ١٢٤ .

(٣)مصطفى نظيف : المصدر السابق الجزء الأول ص ٤٩ ـ ٥٠ .

(٤) مثال استحداثه للفظ الأمارة « للتعبير عن كل معنى يخص الصورة فهو أمارة تدل على تلك الصورة » نظيف : الحسن بن الهيثم جـ١ ص ٢٤٣ .

(٥) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى ص ١١١ .

والأبحاث الطبية .

فهذا أبو نصر منصور ابن عراق[1] يطبق منهج التمثيل فى مجال الفلك ، فبعد أن أثبت بالبرهان الرياضى أن حركات الشمس والقمر تكون على شكل مدارات كرية ، نقل هذا الحكم إلى سائر الحركات المماثلة التى تتميز بها الكواكب الأخرى ، لذا نراه يقول " ،وما يقدم من البرهان فظاهر أن حركات الشمس والقمر على مدارات كرية ولازم متى كان ذلك ظاهرا فى حركات النيرين أن يكون ذلك كذلك فى حركات سائر الكواكب »[2] .

وهكذا يكون الحكم هنا ، حكم ظاهرة جزئية منطقيا على ظاهرة أخرى تماثلها فى أمر من الأمور ، حتى يصبح الحكم صحيحا على الظاهرتين .

أما فى مجال العلوم الطبية لدى المسلمين ، فقد اتضح تطبيق منهج التمثيل فى معرض حديث المسعودى عن التجربة بقوله « إما أن ينقل الدواء الواحد فى مرض إلى مرض يشبهه ، وذلك كالنقلة من ورم الحمرة إلى الورم المعروف بالنملة ، وإما من عضو إلى عضو يشبهه وذلك كالنقلة من العضد إلى الفخذ ، وإما من دواء إلى دواء يشبهه كالنقله من السفرجل إلى الزعرور فى علاج انطلاق البطن »[3] .

ويتضح من النص السابق أن الدواء محل التجربة أمكن استعماله فى علاج مرض معين ، وتطبيقه أيضا على مرض آخر يشابه المرض الذى عالجه الدواء الأول ، فقد صح إذن أن يعالج مرض ورم الحمرة والنملة ، بدواء ثبتت فاعليته ونفعه فى أحدهما .

كذلك أمكن إثبات مبدأ النقلة فى علاج الأعضاء المتشابهة ، فما يصدق على الفخذ يصدق على العضد وهلم جرا .

(١) عالم فلكى من رياضى القرن الرابع للهجرة . يقول عنه صاحب الأعلام أنه عاش أكثر أوقاته فى خوارزم حيث كان مقدما وذا مقام عال عند ملوكها : راجع : الزركلى (خير الدين) الأعلام الطبعة الثانية القاهرة سنة ١٩٥٤ جـ ٨ ص ٢٤٠ .

(٢) أبو نصر بن منصور بن عراق : رسائل منصور بن عراق إلى البيرونى ، طبع حيدراباد الركن سنة ١٩٤٨ « رسالة تصحيح زيج الصفائح » ص ٢٤ .

(٣) المسعودى : مروج الذهب ، طبعة باريس سنة ١٨٧٨ جـ ٧ ص ١٧٥ .

هذا بالإضافة إلى جواز نقل الدواء إلى دواء آخر إذا فى أمر من الأمور ، كتشابه السفرجل والزعرور ، فقد أمكن الاستعانة بأى منهما لعلاج انتفاخ البطن .

جـ ـ المنهج الفرضى :

ننتقل بعد ذلك إلى المنهج الآخر الذى شاع استعماله فى العلوم لدى مفكرى الإسلام ، وهو المنهج الفرضى ، وسوف نعرض لهذا المنهج بالتفصيل عند دراستنا لمدلول الفرض فى المنهج الاستقرائى عند المسلمين فى الفصول القادمة بإذن الله .

لذا سوف نقتصر فى هذا المقام على بيان حدود هذا المنهج ، وكيف مارسه الإسلاميون فى جملة ما مارسوه من مناهج على صعيد البحث العلمى .

معنى الفرض وأنواعه :

وينبغى أن ننبه إلى أن لكلمة الفرضى معان مختلفة متعددة ، فهى متداولة على صعيد الفلسفة والعلم معا تبعا لطريقة استخدام الكلمة وتحديد مجالها [١].

ففى مجال المنهج الاستقرائى ، يكون الفرض نوع من التكهن لتفسير مجموعة من الظواهر الجزئية الخاضعة للتثبت التجريبى ، فهو لاحق على جملة مشاهدات أو تجارب تؤدى إلى صياغة ذلك الفرض ، وذلك يعد الفرض هو أخصب أجزاء المنهج التجريبى الاستقرائى ؛ ذلك لأنه يخترع من أجل تفسير الظواهر بقانون تتحقق من صدقه تجريبيا[٢] .

أما النوع الآخر من الفروض ، فهو الفرض الصورى وهو « أشبه بمصادرة

---

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ، ترجمة الدكتور فؤاد زكريا ، مراجعة الدكتور محمود قاسم ، طبع مصر ١٩٦١ الجزء الأول ص ١٨٩ ، ويلاحظ أيضا د . محمود زيدان : مناهج البحث الفلسفى ، طبع مصر ١٩٧٧ ص ١٧ .

(٢) يول موى : المصدر السابق الجزء الأول ص ٢٠٣ .

نميل إلى الأخذ بها لكى ندعم هذا القانون أو ذاك »[١] ،وهذا هو مفهوم الفرض فى المنهج المعاصر ، الذى يؤكد على أن الفرض الصورى هو « موضوع لتحقيق تجريبى غير مباشر . والمقصود بالتحقيق غير المباشر هو استنتاج نتائج واستنباط قضايا تلزم عن ذلك الفرض ، ثم وضع تلك النتائج والقضايا فى طابع صورى بحت »[٢] وبذلك يصبح المنهج الفرضى فلسفيا أكثر منه تجريبى . ولكى يكون المنهج الفرضى بمثابة النظرية العلمية ينبغى أن تساق الأمثلة من مشاهدات وتجارب لإثبات ما يؤكده المنهج .

انتقال المنهج الفرضى إلى مجال البحوث العلمية :

وللمنهج الفرضى تاريخ طويل فى المجالين العلمى والفلسفى كنظرية العناصر الأربعة للفيلسوف اليونانى (امباذوقليس ٤٣٥ ق.م) ، والتى أخذها عنه الطبيب اليونانى أبقراط فطبقها فى المجال الطبى حيث قال بنظرية الأخلاط الأربعة ، التى يتألف منها جسم الإنسان « وهى الدم والبلغم والمرارة والصفراء والسوداء . ولذلك كان مبدأ الأخلاط أحد المبادئ التى بنى عليها العلاج البقراطى ، وهذا المبدأ ينبنى على الاعتقاد بأن الأشياء تتكون من أربعة عناصر رئيسية ، هى الحار والبارد والرطب واليابس والجسم الإنسانى مزيج متناسب من هذه العناصر »[٣] .

عرف المسلمون هذه النماذج من المنهج الفرضى ، ومارسوها فى أبحاثهم العلمية ، الأمر الذى ساعد على إثراء البحث العلمى لديهم بصورة شاملة .

ففى مجال الكيمياء ظهرت نظرية مدرسة جابر بن حيان فى ضوء « فرضية العناصر الأربعة[٤] ، وعملت على تطوير وتعديل هذه النظرية ، وجعلها أكثر تفسيرا لما يدور فى عالم الطبيعة ، وذلك بإضافة عنصرى الزئبق

---

(١) د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، طبع الإسكندرية سنة ١٩٨٠ ص ١٦١.
(٢) نفس المصدر : ص ١٥٩ .
(٣) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ص ١٥٣ .
(٤) تيرنر د.م : الكشف العلمى ، ترجمة احمد سليمان ومراجعة د .محمد جمال الدين الفندى طبع القاهرة بدون تاريخ ص ١٢٠ .

والكبريت اللذين يشكلان أساس تكون المعادن السبعة وهذه المعادن هى الذهب والفضة والنحاس والحديد والرصاص والزئبق والأسْرُب (القصدير) « وهذه المعادن لا تتباين إلا فى الكيفيات العرضية التى طرأت نتيجة للنسبة التى مزج بها الكبريت والزئبق فى باطن الأرض »[1] .

وهكذا ترتد العناصر بأجمعها إلى تلك الطبائع الأربعة ، التى يتم عن طريق تبديل كيفياتها ، تحويل معدن إلى آخر من أصل مشترك سار فى جميع الأجسام لا يزول بزوالها ، وهو الجوهر الأول ، إن هذا المعنى - كما يقول الدكتور زكى نجيب محمود - « يذكرنا بأساس النظرية الطبيعية فى عصرنا الراهن ، وهى النظرية التى ترى أن حركيات الطبيعة تتكون من ذرات متباينة ، وأن الفارق بين جابر بن حيان وعلماء هذا العصر أن جابر تكلم بلغة الحرارة والبرودة فى حين تكلم هؤلاء العلماء بلغة الكهارب والذرات »[2] .

ومن جهه أخرى فقد ظهرت نظرية الأخلاط الأربعة[3] التى تبناها ابن سينا فى بحوثه الكيميائية ، لتأكيد ما قرره فى منهجه الفرضى القائل بفكرة العناصر الأربعة لجميع المواد .

كما امتد تأثير نظرية الأخلاط الأربعة إلى مجال البحث الطبى عند المسلمين ، « فقد أخذوا بنظرية الأخلاط مبدءا فى تعليلاتهم الطبية ، فالأخلاط تقابل العناصر الأربعة . وهى الحار والبارد والرطب واليابس ، وما اعتدال هذه الأخلاط أو اضطرابها إلا مظهرا لاعتدال تلك العناصر وعدم اعتدالها »[4] ، وعلى ذلك عللوا وظائف الجسم ونشوء المرض فيه . حتى إن ابن سينا يؤكد على أن فعل الدواء يجب أن يراعى فيه موافقته لمزاج البدن ، وإلا لم تكن له حتمية إذا انفصل تأثيره عن موافقته ذلك المزاج المتغير بسبب

---

(١) د . زكى نجيب محمود : جابر بن حيان ، طبع مصر سنة ١٩٧٥ ص ٢١٤ .

(٢) د. زكى نجيب محمود : جابر بن حيان ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٥ ص ٢٢٣ .

(٣) هى نظرية يونانية ابيقورية قديمة ، تقوم على فرضية أن الجسم البشرى الطبيعى خليط متجانس من عناصر أربعة ، هى الدم والبلغم والمرارة والصفراء والسوداء . وقد ظلت هذه النظرية أساسا للطب حتى القرن الثامن عشر الميلادى .

(٤) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ص ١٧٧.

اضطراب الأخلاط . ولهذا يقول « إنا إذا قلنا للدواء إنه معتدل ، فلسنا نعنى بذلك أنه معتدل على الحقيقية ، فذلك غير ممكن ، ولا أيضا أنه معتدل بالاعتدال الإنسانى فى مزاجه ، وإلا لكان من جوهر الإنسان بعينه . ولكنا نعنى أنه إذا انفصل الحار الغريزى فى بدن الإنسان تكيف بكيفية ، لم تكن تلك الكيفية خارجة عن كيفية الإنسان إلى طرف من أطراف الخروج عن المساواة فلا يؤثر فيه أثرا مائلا من الاعتدال . وكأنه معتدل بالقياس إلى فعله فى بدن الإنسان »[1] .

د ـ المنهج الرياضى :

بقى علينا أن نعرض لمنهج آخر مارسه الإسلاميون ببراعة فائقة وهو المنهج الرياضى . حيث كان لهم السبق فى بلورة مفهوم نظرية العدد ، وتطويرها بما يتناسب ومتطلبات العلم الرياضى .

كما اخترعوا فروعا عديدة فى هذا العلم ، كفروع الجبر وحساب المثلثات[2] وحساب التفاضل والتكامل .

بالإضافة إلي ذلك فقد استطاع علماء الطبيعة والرياضيات من المسلمين أن يطوروا الرياضيات ، لتكون أداة منهجية قادرة على التعبير عن نتائج العلوم الطبيعية ، وصياغة مبادئها العامة ، فقد ارتبط المنهج الرياضى بالمبادئ العلمية الطبيعية للقيام باشتقاق بعض النتائج العلمية من أجل التنبؤ بسير الحادثة ، أو الظاهرة الطبيعية والنتائج المحسوسة المترتبة عليها ، وهذا ما يعبر عنه بلغة العلم الحديث باسم (علم الفيزياء الرياضية) ، والتى ينسب إليها كل تقدم كبير حدث فى أبحاث علم الطبيعة فى القرنين الأخيرين ، ذلك التقدم الذى نسبه الباحثون فى مناهج العلم من الأوربيين [3] إلى علماء عصر النهضة

---

(١) ابن سينا : القانون فى الطب ، طبعة بولاق سنة ١٨٧٧ م الجزء الأول ص ٢٢٢ .

(٢) درس المسلمون علم حساب المثلثات كعلم مستقل عن علم الفلك ، وطوروا نظرياته تطويرا كبيرا (راجع قدرى طوقان تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك طبع دار الشروق بدون تاريخ ص ١٠١).

(٣) يلاحظ ما أفادته د . م تبريز فى كتابها الكشف العلمى طبع دار الكاتب العربى بدون تاريخ ص ٣٧ وما بعدها .

وحدهم دون سواهم . وأغفلوا عن عمد سبق المسلمين إلى تأصيل هذا المنهج وتطبيقاته فى حقول الميكانيك والضوء وعلم الفلك .

وسوف نعرض بالتفصيل لهذا الجانب فى بحثنا فى الفصول القادمة ، حيث نركز على مدى استخدام المسلمين للمنهج الرياضى كأداة لتطوير المنهج الاستقرائى بمراحله المنهجية المعروفة ، ثم تطويعهم للرياضيات كأداة للقياس والتعبير عن نتائج التجربة بلغة كمية قياسية دقيقة فى مجالات علوم الطبيعة والكيمياء ، والفلك والجغرافيا والملاحة البحرية .

* * * * *

مما سبق يتضح لنا ، وبنظرة فاحصة لطبيعة المناهج التى مارسها علماء الإسلام فى بحوثهم العلمية ـ إضافة إلى منهج الاستقراء ـ مدى إدراكهم المعمق لطبيعة منهج البحث ومستلزماته العلمية ، وأن منهج الاستقراء بمفرده لا يقوى على استيعاب كافة متطلبات البحث ، وعليه فلابد من الاستعانة بمناهج أخرى ستكون أكثر فاعلية ، وأكبر قدرة على تطوير البحث العلمى ، وبذلك يتبين ندى إدراك مفكرى الإسلام لطبيعة البحث ومتطلباته العلمية .

الاستدلال العلمى فى القرآن الكريم :

أما عن أثر الإسلام بمصادره وعقيدته فى ممارسة المناهج العلمية ، فإن أول ما يقابلنا هو دور القرآن الكريم فى إرساء وتدعيم قواعد الاستدلال العقلى ، ودوره البارز فى وضع أسس التصور لصياغة المنهج ، بحيث نبه إلى طرق الاستدلال ، وأكد طريق المعرفة الحقيقى للوصول إلى نتائج متميزة هى غاية ما يصبو إليه الإنسان .

والقرآن الكريم ـ بوصفه كتاب الوحى الأخير للبشرية ـ قد قدر له أن يبدأ بممارسة دوره مع تطلع الإنسان نحو العلم ، وأن يتعامل مع البشرية التى أخذت تبنى معارفها على أساس العلم والتجربة ، وتحدد بهذه المعرفة موقفها فى كل المجالات . فكان من الطبيعى ـ على هذا الأساس ـ « أن يتجه القرآن الكريم إلى دليل القصد والحكمة ، بوصفه الدليل الذى يمثل المنهج الحقيقى للاستدلال

العلمي[1] » ـ ولإحياء النزعة الاستدلالية بدليل القصد والحكمة ، استعرض القرآن الكريم أمام الإنسان الظواهر الجزئية المحيطة به ، ودعاه أن يتدبرها ويمحص علاقتها وروابطها ليرتقى من ذلك إلى أسبابها ومسبباتها ، ولهذا « أفاد العرب من دراسة القرآن الكريم ، فقد خلق منهم النزعة العلمية ، وغرس فى نفوسهم الميل الشديد إلى البحث والنظر والملاحظة والتجربة ، وتلك هى أسس الطريقة العلمية الحديثة فى التفكير »[2] .

ولقد تمثل الاستدلال العلمي ، والحَضُّ على النظر العقلى فى القرآن الكريم بنصوص كثيرة ومتنوعة ، عالجت عدة موضوعات ، تشكل بمجموعها أسس المنهجية العلمية ، والتصور العلمي فى الاستدلال ، كقوله تعالى { إن فى خلق السماوات والأرض واختلاف الليل والنهار ، والفلك التى تجرى فى البحر بما ينفع الناس ، وما أنزل الله من السماء من ماء فأحيا به الأرض بعد موتها وبث فيها من كل دابة ، وتصريف الرياح والسحاب المسخر بين السماء والأرض لآيات لقوم يعقلون }[3] .

وهكذا وجه القرآن الكريم العقل للتدبر والملاحظة ، وطلب إليه أن يتعمق فى هذه المظاهر لكى يستدل على مديرها ومنشئها ، فكان « كتاب الله عز وجل يستثير فى بنى آدم عملية التفكير ، ويحضهم على النظر فى آيات الله الكونية المحيطة بهم فى جوانب من مخلوقات ، فى عوالم النبات والحيوان والأفلاك ، والمجتمعات والتاريخ »[4] .

يقول الله تعالى فى محكم آياته { أفرأيتم ما تمنون . أأنتم تخلقونه أم نحن الخالقون . نحن قدرنا بينكم الموت وما نحن بمسبوقين . على أن نبدل أمثالكم وننشئكم فى ما لا تعلمون ، ولقد علمتم النشأة الأولى فلولا تذكَّرُون . أفرأيتم ما تحرثون . أأنتم تزرعونه أم نحن الزارعون ، لو نشاء لجعلناه حطاما فظلتم

---

(١) محمد باقر الصدر : الأسس المنطقية للاستقراء ، طبع بيروت ١٩٧٢ ص ٥٨ .

(٢) محمد عاطف البرقوقى : الخوارزمى العالم الرياضى الفلكى ، طبع مصر بدون تاريخ ص ١٢٧ .

(٣) البقرة / (١٦٤) .

(٤) د. مصطفى حلمى : منهج علماء الحديث والسنة فى أصول الدين ص ٢٧٤ .

تفكهون . إنا لمغرمون . بل نحن محرومون ، أفرأيتم الماء الذى تشربون . أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون . لو نشاء جعلناه أجاجا فلولا تشكرون ، أفرأيتم النار التى تورون . أأنتم أنشأتم شجرتها أم نحن المنشئون . نحن جعلنها تذكرة ومتاعا للمقوين . فسبح باسم ربك العظيم }[١]. وبهذه الأدلة العقلية أراد القرآن الكريم أن يضع الإنسان فى موضع المتدبر لما فى الكون من آيات يتعايش معها ، ويتفاعل معها ليستخلص من خلالها حقيقتها تمشيا مع منهج الاستدلال الذى أوضحه القرآن الكريم فى آياته المحكمات .

ومن عالم الأشياء إلى الإنسان ذاته { فلينظر الإنسان مم خلق ، خلق من ماء دافق ، يخرج من بين الصُّلْب والتَرائب }[٢] .

ولقد أوضح القرآن الكريم طبيعة الوسائل التى يتعامل بها الإنسان مع الأشياء ، فأشار إلى أن الحواس هى وسيلة الاتصال بينه وبين محيطه الخارجى { والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئا وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون }[٣] .

ولقد أشارت آيات متعددة من الكتاب الكريم إلى مكانة الحواس ودورها فى المعرفة ، ومن الملاحظ هنا أن القرآن الكريم يؤكد على حاسة السمع دون غيرها من بقية الحواس ، وجميع النصوص التى تتكلم عن الحواس تبدأ بحاسة السمع ، ولهذا المعنى دلالة قرآنية فإن أول الحواس التى يستخدمها الإنسان فى التعامل الأول مع العالم الخارجى هى حاسة السمع[٤] ، وأن تعطيل هذه الحاسة يعنى عزله عن ذلك العالم ، ولقد صور القرآن الكريم هذا المعنى فى قصة أهل الكهف ، ففى الوقت الذى أراد الله تعالى أن يقطعهم عن هذا العالم مدة طويلة أوقف عندهم عمل هذه الحاسة حيث يقول الله تعالى : { إذْ أوَى الفتْيَةُ إلى الكهف فقالوا ربنا آتنا من لدنك رحمةً ، وهيئ لنا من أمرنا رشدا ،

---

(١) الواقعة / ٥٨ ـ ٧٤ . (٢) الطارق /٥ ـ ٧ . (٣) النحل / ٧٨ .

(٤) د . محمد السيد الجليند : نظرية المنطق بين فلاسفة الإسلام واليونان ، طبع القاهرة ، الطبعة الثانية ١٤٠٦هـ ـ ١٩٨٥ م ص ١٤٣ ، وهذه الحاسة (حاسة السمع) أكثر شمولا من حاسة البصر فقد يتعلق بالماضى والغائب ، أما البصر فلا يتعامل إلا مع مرئيات مباشرة .

فضربنا على آذانهم فى الكهف سنين عددا }[١] .

ولقد حث القرآن الكريم على ضرورة طلب العلم القائم على إدراك الحواس فى قوله تعالى { ولا تَقْفُ ما ليس لك به علم ، إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا }[٢] وعليه فإن أى أداء علمى يجب أن يخضع لمعيار التثبت المباشر الذى يقع ضمن درك الحواس . وهذا هو بالضبط ما تعنيه روح المنهج التجريبى الحديث[٣] .

ونود القول بأن الطريقة الاستدلالية التى استخدمها القرآن الكريم الحكيم ظلت هى الوحيدة بين الطرق الأخرى ـ كالمتكلمين والفلاسفة ـ فهى ثابتة فى نفسها كميزان عقلى متوافقة مع الاجتهادات العقلية[٤] . لأنها الطريق الذى يؤدى بالإنسان إلى الحصول على اليقين والقطع .

ولعل أوضح مثال على ذلك ما نلمسه فى موقف إبراهيم عليه السلام عندما استعرض فى وجدانه الظواهر الكونية التى أدركتها حواسه ، حيث راقب الكواكب أولا ثم القمر وأخيرا الشمس[٥] ، فنراه فى منهجه الاستدلالى هذا يربط قراره بمظهر معين من مظاهر الطبيعة الكونية ، وحين يتبين له أن هذا المظهر لا يصلح أساسا للحكم ينتقل عن ظاهرة أخرى حتى يصل أخيرا إلى الإعراض عن كل هذه الظواهر التى يجمعها كلها أنها غير ثابتة ومتغيرة ولا تصلح أن تكون حقيقة ثابتة تستحق الولاء والعبادة .

فقد أرانا الله تعالى كيف تدرج إبراهيم فى الاستدلال خطوة خطوة حتى

---

(١) الكهف / ١٠ ، ١١ . ولهذا أكدت الأبحاث العلمية فى مجال الطب أن السمع يأتى من حيث الأهمية قبل البصر وأن السمع هو المنفذ الذى يطل منه الإنسان على العالم الخارجى منذ لحظة وجوده . يلاحظ الدكتور خالص حلبى كنجو : الطب محراب الإيمان ، طبع بيروت سنة ١٩٧١ ص ٢٠٢ وما بعدها .

(٢) الإسراء / ٣٦.

(٣) د. محمد كمال جعفر : من قضايا الفكر الإسلامى ، دراسة ونصوص طبع القاهرة سنة ١٩٧٨ ص ٢٦ .

(٤) د. مصطفى حلمى : منهج علماء الحديث والسنة ص ٢٧٦ .

(٥) الأنعام / ٧٥ ـ ٧٩ .

استنفد الفروض الثلاثة الكبرى ، بمنهجية دقيقة ليصل إلى حقيقة الذات الإلهية الجديرة بالولاء والعبادة .

ولقد استخدم الصحابة رضى الله عنهم طريقة الاستدلال بحدوث العالم وهى طريقة عقلية شرعية[1] كما قال تعالى { أو لم يروا أنا نسوق الماء إلى الأرض الجرز فتخرج به زرعا تأكل منه أنعامهم وأنفسهم أفلا يُبصرُون }[2] وقوله تعالى { سَنُرِيهم آياتنا فى الآفاق وفى أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق }[3] .

وعلى ذلك وفى رحاب هذه النزعة فى الاستدلال العلمى المستمد من القرآن الكريم وجد العلماء والمفكرون الإسلاميون متسعا للتحرك نحو صياغة المناهج العلمية المختلفة فى مجال البحث العلمى ، مجسدين التصور القرآنى فى نزعتهم العلمية ، فأدى ذلك إلى قيام نهضة علمية شملت مختلف الميادين العلمية والعملية .

وفى ضوء الآفاق التى امتدت إليها البحوث العلمية « أصبح الأسلوب المعقول هو الذى استخدمه القرآن الكريم قبل نحو أربعة عشر قرنا من الزمان » [4] .

العلاقة بين النظر والتطبيق :

أما من ناحية العلاقة بين النظر والتطبيق في المنهج عند المسلمين ، فقد أكد الدكتور النشار على « أن هذا المنهج نشأ فى مجال علم اللغة والأصول والحديث ، وانتقل من مرحلة القانون إلى مجال التطبيق عند ما مارسه العلماء التجريبيون »[5] ، ولقد جارى الدكتور جلال موسى المعنى نفسه حيث ذهب إلى « أن المنهج كان قد تكون ، فى دوائر المتكلمين والأصوليين قبل أن ينتقل إلى

---

(١) د . مصطفى حلمى : المصدر السابق ص ٢٧٧ . (٢) السجدة /٢٧ .
(٣) فصلت / ٥٣ . (٤) د . مصطفى حلمى : المصدر السابق ص ٢٧٧ .
(٥) د. على سامى النشار: منهاج البحث عند مفكرى الإسلام ط القاهرة سنة ١٩٦٧ ص ٢٥٧.

العلماء التطبيقيين ، فعلى أيدى هؤلاء العلماء انتقل من مرحلة النظر إلى التطبيق ، والدليل على ذلك ما نجده عند ابن الهيثم فى رسالته فى الضوء إذ يقرن لفظ الاعتبار « التجربة » بلفظ السير والمراد به الإبطال ، وهو اللفظ الوارد عند الأصوليين والمتكلمين »[١] . وهذا يعنى أن مرحلة المنهج لدى علماء الأصول نظرية خالصة .

وأن تطبيقه حصل بعد ذلك على أيدى علماء العلوم الأخرى ، وهذا إن صح فإنما يصح على علماء الأصول من المتكلمين ، على اعتبار أن طبيعة علمهم تلتزم الاستدلال العقلى للوصول إلى صياغة الحجة العقلية [٢] . إلا أن الفقهاء عندما يتكلمون عن مسلك الدوران فى العلة مثلا ، فإنهم يقرنون ذلك بالتجربة « وإذا تكررت التجربة فإنها تفيد القطع »[٣]. أى أن هذا المسلك عندهم يرتبط بالتجربة لتأكيد حكمه ، وهذا يدل على عدم إغفال الجانب التطبيقى فى مفردات هذا المنهج . يضاف إلى ذلك ...... أن ظاهرة التطبيق فى علوم اللغة والحديث سبقت صياغة المنهج ، ولذلك جاء المنهج هنا مستخلصا من طبيعة التطبيق هذه. فالمسألة هنا ليست عملية انتقال من منهج ومروره خلال مرحلتين (نظر وتطبيق) بقدرما هى ظاهرة تطوير لطبيعة المنهج ذاته بحكم تطبيقه على علوم مختلفة ، ولهذا سارت مناهج هذه العلوم جنبا إلى جنب ، وقد تتسع دائرة مراحل المنهج أو تضيق تبعا لطبيعة العلم الذى يسلك وفق ذلك المنهج . وليس من شك أن العلماء التطبيقيين استعانوا بمراحل وطرق ومناهج علماء الأصول بالقدر الذى يمس طبيعة علومهم ـ على نحو ما سوف نعرض له فى فصول البحث القادمة ـ ومن هنا تتضح العلاقة بين طبيعة كلا الاتجاهين .

يضاف إلى ذلك أيضا أن المسلمين عندما عمدوا إلى تطوير منهجهم التجريبى القائم على الاستقراء العلمى ، استخدموا المنهج الرياضى ، والعلم الرياضى فى التعبير عن نتائج التجربة بلغة كمية قياسية دقيقة .

---

(١) د. جلال محمد عبد الحميد موسى : منهج البحث العلمى عن العرب ، ط بيروت ١٩٧٢ ، ص ٢٧٥ .

(٢) د. على سامى النشار : المصدر السابق ص ٧٥ .

(٣) المصدر السابق ص ٣٥٨ .

وهذه الطريقة التطبيقية المتكاملة تعتبر خطوة فاقوا بها المحدثين من علماء عصر النهضة ، الذين خلت مباحثهم من الإشارة إلى دور الرياضيات فى البحث العلمى ، وفى ذلك يقول الدكتور الدفاع « وثمة مجالات يمكن أن يؤدى البحث منها إلى نتائج مفيدة ألا وهى تطبيق المسلمين للمنهج الرياضى فى مجال الفيزياء والطب والكيمياء والصيدلة (الصيدنة) والزراعة ، ويجب أن نقرر أن المسلمين كانوا على وجه العموم قوما عمليين يهتمون بتطبيق الأفكار لرفعة حضارتهم »[1].

فكأن مجالى النظر والتطبيق عند المسلمين شَكَّلا وشيجة واحدة مشتركة على صعيد البحث العلمى . الأمر الذى ساعد على تطور نظريات العلم ، وذلك باعتراف الأوربيين أنفسهم حيث يقول بول موى « إن العلوم الطبيعية الحديثة تتصف بتطبيقها للرياضيات على معرفة الطبيعة [2]، لذلك سوف نعرض فى الفصل التالى للمدخل النظرى عن مفهوم المنهج الرياضى وعلاقته بالمنهج الاستقرائى التجريبى لبيان ما بينهما من اتصال منهجى علمى .

---

(١) د. على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ، تعريب وتعليق د. جلال شوقى الطبعة الأولى مصر ١٩٨١ ص ١٥ .
(٢) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم جـ ١ طبع القاهرة ١٩٦١ ص ٢٠٣ .

الباب الأول

دور المنهج الرياضى فى تطوير منهج الاستقراء التجريبى عند المسلمين

الفصل الأول : مفهوم المنهج الرياضى وعلاقته بالمنهج الاستقرائى (مدخل نظرى)

الفصل الثانى : منهج الاستقراء لدى علماء المسلمين

الفصل الثالث : تطبيق المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى عند المسلمين

- الملاحظة العلمية
- التجربة العملية
- الفروض العلمية
- صياغة القانون العلمى

الفصل الأول

مفهوم المنهج الرياضى وعلاقته بالمنهج الاستقرائى (مدخل نظرى)

مفهوم المنهج الرياضى وعلاقته بالمنهج الاستقرائى
(مدخل نظرى)

مفهوم المنهج الرياضى :

يعتبر المنهج الرياضى فى جملته منهجا استنباطيا « يبدأ بالضرورة من بعض قضايا شديدة العموم نسلم بها دون أن نقيم عليها البرهان » [١] أو بمعنى آخر هو « منهج استدلالى ينتقل من مبدأ عقلى إلى قضايا تنتج عنه بالضرورة ، دون التجاء إلى التجربة » [٢] .

وعلى ذلك فالرياضى يضطر إلى التسليم بصدق بعض القضايا العامة التى لايمكن البرهنة عليها ، ويتخذ منها وسيلة وأساساً للاستنباط الرياضى .

وهذه القضايا هى البديهيات « أو الأوليات » والمصادرات والتعريفات .

أولا : البديهيات :

وهى قضايا شديدة العمومية ، بينة بنفسها وليس من الممكن أن يبرهن عليها [٣].لأن كل نتيجة تستنبط من مقدمات ، ولما كان من المستحيل الصعود فى سلم الاستنباط إلى مالا نهاية وجب الوقوف عند بعض القضايا التى لا يمكن البرهنة عليها وهى البديهيات[٤] .

ومن أمثلة هذه البديهيات الكل أكبر من الجزء ـ والكمّان المساويان لثالث متساويان ، وللبديهيات خواص ثلاث [٥] :

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ومناهج البحث ، طبع القاهرة ١٩٦٦ ص ٢٨٥ .

(٢) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ، طبع القاهرة ١٩١٣ ص ٨١ .

(٣) المصدر السابق : ص ٨٩ .

(٤) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ، ترجمة الدكتور فؤاد زكريا ، مراجعة الدكتور محمود قاسم ، طبع القاهرة ١٩٦١ / ١٤٨ .

(٥) د. عبد الرحمن بدوى : المصدر السابق ص ٢٨٨ .

ـ أول هذه الخواص البيئة النفسية وهو وضوحها مباشرة للنفس ، وكونها غير محتاجة إلى دليل أو برهان يقام على صدقها ولا تثير فى النفس أى تناقض فى معناها .

ـ وثانى هذه الخواص هى الأولية المنطقية وتعنى كونها مبدأ مستخلصا من غيره بالاستنباط العقلى ، وذلك لأن العلم الصورى قضاياه تكرارية استنباطية . « والعملية الاستدلالية هنا تتخذ من البديهيات نقطة انطلاق فى استنباط ما يعرف باسم أحكام البداهة » [١] وهى الأحكام التى نقبل صدقها بدون البرهنة على ذلك بأى نحو كان [٢] .

ـ وثالث هذه الخواص فهى أنها قاعدة صورية عامة لكل العلوم فلكى « نضفى على أى علم يقينا يعدل يقين علم الحساب أو علم الهندسة ، لا نشتغل إلا بالمعانى (الواضحة) (المتميزة) وهى التى مضمونها بديهى تام البداهة وأن ترتب جميع معانينا فى نسق خاص » [٣] .

ويجب أن يراعى فى البديهيات ـ إلى جملة ماسبق من خواص ـ تحقق شروط ثلاثة فى البديهية هى :

التوافق Consistency ، والاستقلال Independence والتمام Completeness : [٤]

فالتوافق يعنى أن تكون مجموعة البديهيات متوافقة متماسكة ، أما الاستقلال فيعنى عدم إمكان البرهنة على أى واحدة منها كحكم من أحكام البداهة اعتمادا « على بعض البديهيات الأخرى أو عليها كلها داخل

---

(١) بنسون (أ . هـ) . مقدمة فى المنطق الرمزى ، ترجمة د. عبد الفتاح الديدى . طبع مصر ١٩٧١ص ١٢ .

(٢) الفريد تارزكى : مقدمة للمنطق ولمنهج البحث فى العلوم الاستدلالية ترجمة د.عزمى إسلام ، مراجعة د. فؤاد زكريا طبع مصر ١٩٧٠ ص ١٥١ (ويلاحظ أن ديكارت أكد على أن العلم معناه البداهة ، ونموذج تلك البداهة وذلك اليقين هو العلم الرياضى بلانزاع ـ ديكارت : د. عثمان أمين طبع القاهرة ١٩٦٥ ص ٨٥ .

(٣) ديكارت : المصدر السابق ص ٨٨ .

(٤) بنسون أ.هـ : مقدمة فى المنطق الرمزى ص ١٤٤ وما بعدها .

البداهة اعتمادا على بعض البديهيات الأخرى أو عليها كلها داخل المجموعة .

أما شرط التمام فيعنى أولا : أن تكون مجموعة البديهيات كاملة ، إذا قامت بتكوين أساس كاف للبرهنة ، وثانيا : أن تكون مجموعة البديهيات تامة ، إذا أدت إضافة بديهية مستقلة أخرى إليها عدم التوافق بداخل نسق البديهيات .

ثانيا : المصادرات او المسلمات *Postulates* :

وهى أحكام صادقة يفرضها العالم الرياضى ويسلم بها ، وإن لم يقم البرهان عليها ، وذلك لحاجته إلى تلك الأحكام [١] . فمثلا تستخدم هندسة إقليدس المصادرات الآتية : [٢]

١ـ يمكن رسم خط مستقيم بين أى نقطتين .

٢ـ أى خط مستقيم محدود الطرفين يمكن امتداده متصلا فى خط مستقيم.

٣ـ يمكن لأى نقطة أن تكون مركزا لدائرة ، وأن يكون نصف القطر فى هذه الدائرة على أى بعد كما تشاء .

٤ـ كل الزوايا القائمة متساوية .

٥ـ إذاقطع خط مستقيم خطين مستقيمين كانت الزاويتان الداخليتان فى أحد الجانبين أقل من زاويتين قائمتين ، فإن الخطين إذا امتدا إلى مالا نهاية يتلاقيان فى هذا الجانب الذى تكون فيه الزاويتان الداخلتيان أقل من قائمتين .

٦ـ الخطان المستقيمان يتقاطعان فى نقطة واحدة فقط .

أما الحساب فبديهياته قليلة العدد . « ويمكن إرجاعها إلى البديهية القائلة بتسلسل الأعداد الصحيحة إلى مالا نهاية . وبيان ذلك أن الأعداد تنشأ بسبب وضع وحدة معينة هى الرقم واحد ، وتستمر بإضافة هذا العدد أولا إلى

---

(١) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المنطق ومناهج البحث ، طبع القاهرة ، بدون تاريخ ص ١٠٠ . (ويلاحظ ما أفادهُ بول موى من أن محاولة البرهنة على المصادرات لم يصادفها النجاح : المنطق وفلسفة العلوم : ص ١٤٩) .

(٢) جون ديوى : المنطق (نظرية البحث) ترجمة د. زكى نجيب محمود ط . القاهرة ١٩٦٠ ص ٣٥٣ .

نفسه للحصول على العدد ، وبإضافته بعد ذلك إلى كل عدد جديد »[١] .

ولكى يتسنى لنا تحديد معنى المصادرات أو المسلمات تحديدا دقيقا ينبغى أن نفرق بينها وبين البديهيات ، إذ إنه على الرغم من تشابه معناهما إلا أن بينهما فروقاً عديدة :

أولا : البديهيات بينة بنفسها ، أما المصادرات فليست كذلك ، ولكن يصادر على صحتها وتسلم تسليما [٢] .

فالمصادرة إذن « مطلب » يتقدم به العالم الرياضى كما يدل على ذلك أصلهـا الاشتقـاقى فى (يطـالـب = Postulate) ، فالريـاضى يقـول « سلموا لى بنقطة البداية هذه ، وسوف يضطر ذهنكم طوال الاستدلال إلى قبول ما أستنبطه منها »[٣] لأنه من الممكن أن يستنتج منها نتائج لا حصر لها دون الوقوع فى إحالة « فصحتها إذن تستبين من نتائجها »[٤] من حيث كونها لا تؤدى إلى حدوث تناقض .

ثانيا : ليس للمصادرات الضرورة المنطقية التى تمتاز بها البديهيات فإن الرياضى « لا يستطيع إنكار الأوليات [٥] دون الوقوع فى التناقــــض العقلى »[٦] لكن من الممكن الاستعاضة عن المصادرات الهندسية مثــلا بغيرها . فقد أوصى تقيض المصادرة الخامسة لإقليدس للعالم الرياضى الروسى نيكولاى ايفا توفتش لوبا تشيفكى Nikola Labachevski (١٧٩٣ ـ ١٨٥٠ م) بهندسة جديدة تفترض المصادرات الأربع الأولى ، ومعها نقيض المصادرة الخامسة . وهذه الهندسة تختلف عن هندسة إقليدس فى نظريـات عديدة هـامة ، من ذلك « مجمـوع زوايا المثلث تكـون أقـل مـن

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٢٨٦ .
(٢) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ٩٠ .
(٣) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ص ١٥٠ .
(٤) د. عبد الرحمن بدوى : المصدر السابق نفس الموضع .
(٥) يلاحظ أن الدكتور محمود قاسم يستخدم لفظ الأوليات بمعنى البديهيات .
(٦) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٢٨٧ .

۱۸۰° » « وأنه من نقطة ما خارج خط يمكن رسم أكثر من خط واحد ، تكون كلها متوازية مع الخط الأصلى مع أنها تكون كلها فى مستوى أفقى واحد » [۱] .

ووضع الألمانى برنارد ريمان Bernard Reman (۱۸۲٦ - ۱۸٦٦ م) هندسة أخرى جديدة افترض فيها عدم صدق المصادرة السادسة من مصادرات إقليدس .

ففى هندسة ريمان « يستحيل فى أى مستوى أفقى واحد أن نرسم خطوطاً متوازية ، لأن كل الخطوط التى ترسمها فى أى مستوى لا بد أن تتقاطع ؛ كذلك من نظريات هندسة ريمان أنه لا يمكن من نقطة ما خارج خط معين أن يرسم أى خط مواز له فى مستوه ، ومن نظريات هندسية ريمان أيضا أن مجموع زوايا المثلث أكبر من ۱۸۰° » [۲] .

والأمر فى هذا كله يرجع إلى أن « تصور المكان فى هندسة لوبا تشفيكى على هيئة السطح الداخلى للاسطوانة ، فعندئذ نستطيع أن نتصور كيف أن الخطين غير المتوازيين قد لا يلتقيان أبداً - على خلاف ما قال به إقليدس - وأن تصور المكان فى هندسة ريمان على هيئة سطح الكرة ، وعندئذ تكون الخطوط المرسومة كلها متقاطعة ، ويستحيل أن يتوازى منها خطان بحيث يظلان متوازيين مهما امتدا إلى اللانهاية . وذلك على خلاف ما قاله إقليدس أيضا ، لأن الخطوط فى هذه الحالة ستكون شبيهة بخطوط الطول على الكرة كلها تتلاقى ثم تتقاطع عند القطبين » [۳] .

ثالثا : المصادرات مبادئ قائمة بذاتها « ويدل ذلك على أن لكل فرع من فروع الرياضة بديهياته الخاصة به »[٤]. أما البديهيات فهى تعبر عن

---

(۱) چون ديوى : المصدر السابق ص ۳۳۰ .

(۲) چون ديوى : المصدر السابق ص ۳۳۱ .

(3) Church C. West : Elements of logic & Formal Science (London . 1963) P . 13 .

(٤) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ۲۸۳ .

خواص مشتركة بين كل أنواع المقادير ومن هنا سميت قضايا مشتركة من مختلف العلوم .

رابعا : يشترط فى نسق المصادرات « أن تكون كل مصادرة مستقلة عما عداها من سائر المصادرات » [١]، بمعنى ألا تكون مستنتجة من المصادرات الأخرى . وبشرط ألا تجىء متناقضة مع مصادرة أخرى ، فمعيار الصواب فى النسق الاستنباطى ليس مطابقته للواقع ، وإنما اتساق أجزائه بعضها مع بعض .

وقد اختلف المفكرون حول طبيعة المصادرات فى النسق الاستنباطى ، فذهب أصحاب المذهب العقلى ومنهم كانت إلى أنها قواعد عامة كالبديهيات تماما ، وتتميز بالضرورة المنطقية واليقين من حيث كونها لا تصدر عن ضرورة حسية ، وإنما عن العقل فى جانبه القبلى [٢] .

وذهب أصحاب أصحاب المذهب الحسى التجريبى إلى أنها «لاحقة على الملاحظة والتجربة ، والعقل يجردها من الأمور الخارجية » [٣].

ويرى فريق آخر يمثله « هنرى بوانكاريه » أن البديهيات أشبه ما تكون بالتعاريف الرياضية فهى « قضايا عقلية صادقة يسلم الرياضى بصدقها ويتخذها أساسا لا ستنباط النتائج » [٤] .

ثالثا : التعريفات *: Definitions*

هى قضايا يضعها الرياضى « لتحديد مفهوم الألفاظ والمصطلحات الرياضية مثل العدد والتساوى والجمع والطرح والضرب والقسمة والنقطة والمثلث والزاوية ... إلخ » [٥].

---

(١) د. زكى نجيب محمود المنطق الوضعى ، طبع القاهرة سنة ١٩٥١ ص ٣١٤ .

(٢) د. محمود زيدان : كانط ، وفلسفته النظرية : طبع دار المعارف ١٩٧٤ ص ١١٢ .

(٣) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٢٨٨ .

(٤) هنرى بوانكاريه : قيمة العلم ، ترجمة اليلودى شغموم ، طبع بيروت سنة ١٩٨٢ ص ١٤٦ .

(٥) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المنطق ومناهج البحث العلمى ص ٩٩ .

ويرى « تارزكى » أن منهج البحث فى الرياضيات « يبدأ بمجموعة من الحدود الأولية Primitive Terms أو الحدود اللامعرفة Undefined Terms والتى تستخدمها بدون شرح معناها وتسمى القضية التى تحدد معنى الحد باسم التعريف Difinition » [1] .

وعلى ذلك فإن الألفاظ المستخدمة فى التعريف الرياضى تكون إمــــا « حـدوداً » أو « علاقـات » ، ففى علم الهندسة مثلا ، يبدأ بتحديد معـانى « الحدود الهندسية » كالنقطة والخط والزاوية ، ومعانى « العلاقات الهندسية » مثل التوازى والتقاطع . وفى علم الحساب يبدأ بتحديد معانى « الحدود الحسابية » كالعدد الصحيح والكسر والجمع والطرح ، ومعانى « العلاقات الحسابية » مثل يساوى ، وأكبر من وأصغر من [2] .

ولما كان العقل هو الذى يخترع مختلف الموضوعات الرياضية ، فمن الطبيعى « أن تكون التعاريف التى تعبر عن هذه الموضوعات تعاريـــف اسمية » [3] ويترتب على ذلك أنها نسبية ، من حيث كونها من عمل العقل الثابت فى جوهره « فالعقل بملكة خاصة منه ، وبتركيب قبلى موجود به التصورات الرياضية ، وبالتالى تعريفاتها المكونة لها لماهياتها ، ومن هذه التعريفات يمكن استخلاص كل خواص الشىء المعرف وذلك بواسطـة الاستدلال » [4] .

والتعاريف الرياضية ليست ضرورية وعامة ، كما هى الحال فى البديهيات والمصادرات : فهى تتوقف على إرادتنا وعلى ماتتفق أو تتواضع عليه ، أما

---

(١) الفريد تارزكى : مقدمة للمنطق ولمنهج البحث فى العلوم الاستدلالية ص ١٥١ (ويرى الدكتور زكى نجيب محمود أن الحدود الأولية هى الألفاظ التى استخدمتها علوم سابقة ، ولسنا فى حاجة إلى تحديدها وتعريفها فى النسق الاستنباطى ، أما الحدود اللامعرفة فهى الألفاظ المستخدمة التى يمكن تركها دون تعريف أو الاعتراف بأنها من قبيل اللامعرفات (المنطق الوضعى ص ٣١٠) .

(٢) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص ٣٠٥ .

(٣) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٣٨٩ .

(٤) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ٩٤ .

البديهيات فهى قواعد عامة يجب على العقل احترامها وإلا وقع فى التناقض ـ كما أشرنا ـ .

تلك هى أهم المبادىء العقلية التى يستخدمها المنهج الرياضى فى بناء نسقه الصورى أو الاستنباطى .

والصلة مرتبطة بين هذه المبادىء ، حتى أن النقد الحديث ـ الذى جاء على يد مدرسة بيانو ورسل وهلبرت [١] ـ لهذه المبادىء الثلاثة انتهى إلى القول بأنها جميعا ترجع فى نهاية الأمر إلى إحداها وهى المصادرات بوصفها قضايا يصادر عليها ، وتتحقق بنتائجها ، فطالما كانت لا تؤدى إلى تناقض فإنها صحيحة .

طبيعة الاستدلال الرياضى :

اتضح لنا مما سبق أن الاستدلال الرياضى هو استدلال استنباطى « نقطة البداية فيه هو مجموعة من القضايا ، ليست نتائج لأى برهان ، وتسمى هذه القضايا بالمبادىء Principles ،وهى تستخدم أساسا لبراهين النظريات الرياضية » [٢] .

ولذلك فإن العملية الاستدلالية فى الرياضة تسمى « بالاستنتاج » Deduction ، كما تسمى العبارات التى تتوصل إليها على هذا النحو بالعبارات المستنتجة أو المستدل عليها من عبارات غيرها والتى تعتبر نتيجة لها [٣].

وتمثل تلك العملية مراحل الاستدلال داخل البناء المنطقى للنظرية الرياضية ، التى يقوم معيار الصدق فيها كما أشرنا على أساس صدق الفروض

---

(1) Russel , Bertrand , : Introduction Tomathematical Philosophy (George Allen & Unwin,, 1944) PP . 12 - 13 .

(٢) يول موى : المنطق وفلسفة العلوم ١٤٨/١ .

(٣) الفريد تارزكى : مقدمة للمنطق ولمنهج البحث فى العلوم الاستدلالية ص ١٥٢ ويلاحظ : ايان لو كاشيفقش : نظرية القياس الأرسطى ص ٨٢ وأيضا : مقدمة فى المنطق الرمزى ص ٢٢٠ وما بعدها .

الأولى : (التعريفات ـ البديهيات ـ المصادرات) . « ولا بد أن يكون البرهان على صدق النظرية قائما على أساس التعريفات والمسلمات التى بدأنا بها العلم نفسه الذى تكون بصدده ، ولا يجوز أن تبرهن على نظرية فى علم بمسلمات وتعريفات علم آخر ، ولا يجوز كذلك أن يقوم البرهان على مزاعم نفرضها ضمنا لاتصريحا ، مهما كانت تلك المزاعم واضحة الصدق »[1] إذ لابد أن يوضع كل مايفترض فيه الصدق فى النسق الاستنباطى فى قائمة المصادرات الأولى إذ إن « صدق النظرية المستنبطة يقوم على أساس صدق الفروض الأولى ، فهو صدق مشروط لصدق تلك الفروض »[2] .

ويؤكد لوى روجييه وجهة النظر هذه بقوله : « إن النظام الاستدلالى يقوم على عدد محدود من الموضوعات والقضايا الغير قابلة للبرهنة من أجل الوصول إلى موضوعات جديدة ، بواسطة مجموعة من العمليات المنطقية الأولية غير المتناقضة »[3] .

فكأن هدف الاستدلال الرياضى هناك هو تكوين نظام System من المبادىء والنظريات[4].

والبرهنة الرياضية هى السبيل إلى إثبات صحة ما يتوصل إليه من نتائج من خلال نسق المبادىء الصورية التى يتضمنها المنهج الرياضى .

« فالمبادىء كما قلنا تعد صادقة بالضرورة ، والنتائج المثبتة بالبرهان ستكون بالتالى ضرورية مضمونة الصحة خارجيا « أى حملية »[5] .

وتلعب المتغيرات دورا رئيسيا فى صياغة المبرهنات الرياضية ، ويكاد

---

(١) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص ٣٢٠ .

(٢) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المنطق ومناهج البحث العلمى ص ١٠١ .

(3) Rougier (Rouis) : Lastructure de theories deductive (paris , 1921) P. 63 .

(4)Ibid : P . 64 .

(٥) د. عبد الرحمن بدوى : منهج البحث العلمى ص ١٠٤ .

يكون من المستحيل من الناحية العملية الاستغناء عنها ، ولنأخذ المبرهنة التالية من الحساب كمثال يوضح ذلك : [1] بالنسبة لأى عددين س ، ص تكون $س^{3}$ ـ $ص^{3}$ = (س ـ ص) × ($س^{2}$ + س ص + $ص^{2}$) أما إذا لم تستخدم فيها المتغيرات فيكون تعبيرنا عنها كما يلى :

« الفرق بين الأس الثالث لأى عددين مساو لحاصل ضرب الفرق بين العددين فى حاصل جمع الحدود الثلاثة التالية : الأول هو مربع العدد الأول ، والثانى وهو حاصل ضرب العددين ، والثالث وهو مربع العدد الثانى » [2] .

ويتضح من المثال السابق مدى أهمية استخدام المتغيرات فى اختصار لغة البراهين ، وفى تطوير المعادلات الرياضية . ولقد حقق المسلمون فى هذا المجال سبقا لايدانيهم فيه غيرهم .

اكتشاف الخوارزمى للرموز الجبرية :

استطاع « محمد موسى الخوارزمى » المتوفى(٢٣٥ هـ ـ ٨٥٠) أن يؤلف فى علم الجبر والحساب ، وإليه يرجع الفضل فى اكتشاف الرموز الجبرية واستخدام المتغيرات فى التعبير عن صور المعادلات الجبرية بطريقة دقيقة .

ويعتبر كتابه «حساب الجبر والمقابلة» هو المرجع الأساسى الذى نهل منه علماء أوربا حيث ترجم إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر الميلادى ، واعتمد عليه الأوربيون فى بحوثهم ، وأخذوا عنه الكثير من النظريات [3] .

ويقول الخوارزمى فى أنواع الأعداد التى احتاج إليها فى تأليفه كتابه « حساب الجبر والمقابلة » « ... وإنى لما نظرت فيما يحتاج إليه الناس من الأعداد فى حساب الجبر والمقابلة وجدتها على ثلاثة ضروب : وهى جذور وأموال ، وعدد مفرد لا ينسب إلى جذر ولا إلى مال » [4] .

---

(١) الفريد تارزكى : المصدر السابق ص ٥٠ .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .

(3) Drik J. Struik : Aconcise history of mathematics (London 1954) P.P. 90 - 91 .

(٤) كتاب حساب الجبر والمقابلة (للخوارزمى) : تحقيق د. على مصطفى مشرفة ، د. محمد =

فالجذر ، هو ما يرمز له في الجبر الحديث بالمتغير (س) وفي بعض المؤلفات القديمة استعمل العرب للجذر أو لكلمة مجهول لفظة شيء ومضروبه في نفسه كلمة مال وإن المال في المجهول يســـــاوى كعــــبا أى أن ($س^٢ \times س = س^٣$) وما يتفرع عن هذا من مال المال أى أن ($س^٢ \times س^٢ = س^٤$) ومال الكعب ($س^٢ \times س^٣ = س^٥$) وكعب الكعب($س^٣ \times س^٣ = س^٦$) .... إلخ [١] .

ولقد استعمل علماء المسلمين ـ بعد الخوارزمي ـ الرموز الرياضية بصورة متكاملة ، واستخدموا المتغيرات في إقامة البرهان الرياضي وحل المعادلات الجبرية . من مختلف الدرجات كما بحثوا في نظرية « ذات الحدين » وعرفوا الجذور الصماء التي لا جذرَ لها ، وتنبهوا أيضا إلى الحالة التي يكون فيها الجذر كمية تخيلية Imaginary Cauantity [٢] .

وعلى ذلك يمكن القول بلا مبالغة ـ باعتراف تارزكي ـ « بأن الكشف عن المتغيرات واستعمال الرموز إنما يشكل نقطة حاسمة في تاريخ الرياضيات فلقد اكتسب الإنسان بهذه الرموز ، أدوات تمهد طريق التطور الكبير للعلم الرياضي » [٣] .

وللاستدلال الرياضي أدوات أهمها القياس العقلي والتركيب :

« والفرق بين القياس والبرهنة الرياضية هو أن النتيجة في القياس نتيجة افتراضية ، لأن القياس لا يضمن لنا الصحة الخارجية للنتيجة ، بل كل ما يقوله هو أن النتيجة يجب أن نسلم بها إذ سلمنا بالمقدمات » [٤] أو بمعنى آخر أن القياس الأرسطي « لا ينتج شيئا جديدا ، وإنما يستخدم فحسب في عرض ما

= مرسى أحمد : ط ١٩٣٩ ص ١٦ وما بعدها .

(١) قدري طوقان : تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك ، طبع القاهرة ١٩٦٣ ص ٦٣.

(٢) المصدر السابق ص ٦٥ ويلاحظ أن المقصود بالكمية التخيلية ، هي الكمية السالبة تحت علامة الجذر (فيقال لها كمية تخيلية بحسب التعبير الرياضي الحديث) ، ينظر : Smith (D.E.) : History of mathematics .

(٣) الفريد تارزكي : المصدر السابق نفس الموضع .

(٤) د. عبد الرحمن بدوي : المصدر السابق ص ١٠٤ .

سبقت معرفته بطريقة أخرى »[1]، وقد ذهب ، « هنرى بوانكاريه » فى أوائل القرن الحالى إلى أنه لا يمكن إرجاع الاستدلال الرياضى إلى نظرية القياس عند أرسطو « لأن هذا القياس يعجز عن إضافة أى شئ جديد إلى القضايا التى يؤلف بينها . ولو كان الاستدلال الرياضى مؤلفا من عدة أقيسة ـ كما هو الحال فى القياس الأرسطى ـ لا نقلبت الرياضة بأسرها إلى نوع من التحصيل الحاصل »[2] .

ولذلك يؤكد هنرى بوانكارية « على أن الاستدلال الرياضى فى أساسه تعميمى » [3]، مما يفسر طابع الخصوبة فى العلوم الرياضية .

فقضايا الرياضة هى أقيسة يجريها الرياضى تبعا لنظام محدد ، والنظام الذى يتبع فى تنسيقها على نحو خاص أهم بكثير من العناصر المؤلفة لهذا القياس .

ومن ثم فإن « المُبَرْهَنَات الرياضية يغلب على قضاياها طبيعة اللزوم ويسمى المقدم فى الاستدلال بالفرض Pypothesis كما يسمى التالى باسم النتيجة Conclusion »[4] .

ومثال ذلك قولنا : إذا كانت « س » عددا موجبا ، كانت إذن ٢ س عددا موجبا .

وهى قضية فيها الفرض هو « س » عدد موجب . وفيها ٢س عدد موجب هو النتيجة .

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ومناهج البحث ص ٢٩١ .

(٢) المصدر السابق : نفس الصفحة ، يلاحظ أن كارناب أكد على نفس المعنى عينه حين أوضح بأن المنطق الأرسطى كان عاجزا عن القيام بما يقتضيه الدور الفكرى الجديد :
Carnap R . the old & new logic (U . S . A . 1963) P . 134 .

(٣) بول موى : المنطق وفلسفته العلوم جـ ١ ص ١٦٦ ـ ويلاحظ أن المقصود بالتعميم فى الرياضة هو العملية التى يستخدمها الرياضى إلى جانب الانتقال الاستدلالى من المقدمات إلى النتائج الأقل منها عموما ، وذلك لتعميم نتائجه فى البرهان وإثبات أن ما يتحقق فى حالة خاصة يمتد إلى عدد لا نهاية له من الحالات الأخرى (د. محود قاسم : المنطق الحديث ص ٢٩٣) .

(٤) الفريد تارزكى : المصدر السابق ص ٦٤ ـ ٦٥ .

وقد بين هنرى بوانكاريه فى كتابه « العلم والفرض » أن البرهان الرياضى يقوم على أساس ما يسمى باسم « الاستقراء الرياضى « Mathematical Induction » ، الذى يسمح برد جميع المسائل الرياضية إلى عمليات ، أى تركيبات بنائية تقوم بها فعلا أثناء البرهنة ، فالعقل لا يستطيع أن يدرك ويفهم تماما إلا ما يستطيع أن يركبه [1] من حيث كون أن طريقة التركيب هى الطريقة المألوفة فى البراهين الرياضية . وبيان ذلك أنه يرتب فروع المسألة ويؤلف بينها على نحو يستطيع الوصول معه إلى الغرض المنشود . فيبدأ الرياضى ـ كما أشرنا ـ « ببعض القضايا المعروفة ، أى التى سبق له التسليم بها كالتعاريف والبديهيات ، أو التى يبرهن على صدقها ثم يصعد من قضية إلى أخرى حتى ينتهى إلى إثبات المطلوب . وتستخدم هذه الطريقة فى كل من الحساب والجبر والهندسة »[2] .

مثال ذلك البرهنة على أن مجموع زوايا المثلث أ ب جـ = ٢ق يمكن حل هذه المسألة بطريقة التركيب . « وتتلخص مراحل البرهان فى أننا ننشئ ثلاث زوايا مساوية لزوايا المثلث وتساوى ٢ق . ثم طبق المبدأ القائل بأن الكمين المساويين لكم ثالث متساويان ، وبذا يثبت المطلوب ، كما يتبين بالتفصيل فيما يلى :

العمل : نمد من أ المستقيم أ د
بحيث يوازى جـ ب ، ونمد ب أ إلى هـ
ثم نقول :
بما أن دأ يوازى ب جـ
∴ زاوية د أ جـ = زاوية أ جـ ب بالتبادل
، زاوية هـ أ د = زاوية أ ب جـ بالتناظر (نظرية ٦)
لكن هـ أ د + د أ جـ + جـ أ ب = ٢ ق
∴ أ جـ ب + أ ب جـ + جـ أ ب = ٢ق وهو المطلوب إثباته »[3] .

---

(١) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١١٥ .
(٢) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٢٩٩ وما بعدها .
(٣) المصدر السابق ص ٣٠٠ .

من ذلك يتضح أن الاستدلال الرياضى - كما يرى هنرى بوانكاريه - وهو استدلال ترديدى ، بمعنى أنه استدلال يقوم على الترديد والتكرار باستخدام مبادئ عقلية ثابتة يتم التسليم بها ، والمصادرة على صحتها ، ومن هنا قرب بوانكاريه بينه وبين الاستقراء « فالاستقراء الترديدى يسمح لنا أن نؤكد صحة صيغة فى عدد لا نهاية له من الحالات ، كما أن البرهان الرياضى يسمح لنا أيضا أن نؤكد صيغة محددة فى عدد لامتناه من الحالات »[١] .

وينبه بوانكاريه على أن مشاركة الاستدلال الرياضى فى طبيعة الاستدلال الاستقرائى هى « مشاركة بقدر معين »[٢] ، ذلك لأن بينهما اختلافا جوهريا « فالاستقراء حين يطبق على العلوم الطبيعية يكون على الدوام غير مؤكد ، لأنه يرتكز على الإيمان بنظام عام للكون ... أما الاستقراء الرياضى والبرهان الترديدى فإنه يفرض ذاته بضرورة محتومة .. »[٣] .

وإذن فقد أراد بوانكاريه أن يقرب الاستدلال الترديدى من الاستدلال الاستقرائى كما يتمثل فى العلوم الطبيعية ؛ لأنهما « يسيران فى نفس الاتجاه أى ينتقلان من الخاص إلى العام »[٤] . ولكنه إذ يقربهما على هذا النحو يؤكد أنهما « يرتكزان على أسس مختلفة »[٥].

وهذا ما سوف نوضحه عند تناول علاقة المنهج الرياضى بالمنهج الاستقرائى على صعيد البحث العلمى .

علاقة المنهج الرياضى بالمنهج الاستقرائى :

يمثل منهج الاستقراء فى المقابل ، منهج البحث فى العلوم الطبيعية ، وهى

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم جـ ١ ص ١٦٦ .
(٢) نفس المصدر بنفس الموضع .
(٣) نفس المصدر : ص ٣٦٧ .
(٤) نفس المصدر : ص ١٦٧ .
(٥) نفس المصدر : ص ١٦٧ . وقد أكد د. عبد الرحمن بدوى على نفس المعنى حين أشار إلى أنه لا فرق بين عالم الطبيعة وبين الرياضى فى نقطة البدء عند البحث فى المبادئ : فكلاهما يستقرئ ويفرض ويجرب من أجل أن يبين صحة أنكاره ، وإنما يبدأ الاختلاف بينهما بعد وصول كل ، منهما إلى المبادئ (د.عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١٤) .

تلك الدراسات النظرية التى تهدف إلى معرفة مختلف الظواهر التى يحتوى عليها الكون .

وهو منهج يعتمد على مجموعة من « الفروض التى يضعها الباحث ويستنبط منها النتائج التى يجب التحقق من صدقها بالملاحظة والتجربة ولذا يجب أن تكون هذه النتائج مطابقة للواقع »[١] . أو بمعنى آخر هو « استدلال يبدأ بعدد معين من القضايا الجزئية لينتهى إلى قضية كلية »[٢] .

- الاستقراء الشكلى :

ويعتبر أرسطو هو أول من استخدم كلمة استقراء بمعنى « إقامة الدليل على قضية عامة ، بالالتجاء إلى الأمثلة الجزئية التى تتضمن صدق هذه القضية العامة »[٣] .

فهو نوع من البرهنة على صدق قضية صدقا كليا بإثبات صدقها تجريبيا فى كل حالة جزئية لها .

وقد صاغ أرسطو هذا النوع من الاستقراء الذى عرف بالاستقراء الشكلى والتام فى الصورة التالية :

« الإنسان والحصان والبغل طويلة العمر ، ولكن الإنسان والحصان والبغل هى كل الحيونات التى لا مرارة لها ، إذن كل الحيوانات التى لامرارة لها طويلة العمر »[٤] .

وواضح أن هذه الصورة ليست فى أساسها استقراءً بالمعنى العلمى - كما يرى د. زكى نجيب محمود بل هى « استدلال قياس » ولذا أطلق على هذا الاستدلال القياسى الاستقرائى الذى تذكر الجزئيات فى مقدماته « القياس الاستقرائى » ؛ لأنه قياس من حيث صورته العامة ، واستقراء من حيث

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٥١ .

(٢) موى (بول) : المنطق وفلسفة العلوم ٢٢٤/٢ .

(3) Joseph H. W. : An introduction to logic (oxford 1916) p. 350 .

(٤) د. محمد زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ط الإسكندرية سنة ١٩٨٠ ص ٢٨ .

استقصاء الجزئيات[1] فى المقدمات »[2] .

ويؤكد د. محمود زيدان على هذا المعنى بقوله « إن الاستقراء عند أرسطو بهذا المعنى يحمل بعض الخصائص الأساسية للقياس ، وهى كلية المقدمات ولزوم النتيجة كما أنه يمكن رده إلى القياس ، فأولى بنا أن نسميه بالاستقراء القياسى ، أو ننظر إليه على أنه نحو من القياس »[3] .

بهذا لم يكن أرسطو ممن قالوا بالاستقراء العلمى بالمعنى المفهوم بخلاف الفكرة الشائعة عنه .

ولنا على تحديده للاستقراء بهذا المعنى المآخذ التالية :

أولا : فى المثال السابق ذكره والذى ضربه أرسطو يستحيل علينا أن نأخذ الجزئيات بمعنى الأفراد ، ثم نحصيها إحصاءً كاملا ، واستحالة استقصاء الجزئيات هنا هى استحالة منطقية[4] وعملية فى آن واحد .

ثانيا : ومن ثم فإن خطأ أرسطو لا يكمن فى فساد الاستدلال ، وإنما فى فساد المثال [5] إذ إن الاستقراء التام استدلال مقبول حين تشير مقدماته إلى أجناس وأنواع يندرج تحت أى منها أنواع أو أفراد محدودة العدد ، لأن هنالك أجناس وأنواع يمكن حصر كل ما يندرج تحتها من أنواع أو أفراد .

ثالثا : وحتى لو وفق أرسطو فى حصر الجزئيات جميعا فى مقدماته ، لما بقى هناك استدلال نستدله بالنسبة إلى أى شئ نصادفه[6]. فالاستقراء الشكلى عند أرسطو بهذا المعنى « لا يعدو أن يكون تقريرا لكل ما

---

(١) يلاحظ أن المقصود بالأمثلة الجزئية عند أرسطو ــ فى هذا السياق ـ ليس أفرادا بل أنواعا (د. زكى نجيب محمود المنطق الوضعى ٣٨٤) .

(٢) المصدر السابق ص ٣٨٥ .

(٣) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٢٨ .

(٤) د. زكى نجيب محمود : المصدر السابق ص ٣٨٨ .

(٥) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٢٨ .

(٦) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص ٣٨٩ .

سبقت ملاحظته »[1] فى العدد المحدود من الجزئيات التى بحثها ولاحظها ، والتى فرض فيها أنها كل ما هنالك من جزئيات ، نراه يبيح لنفسه أن يستنتج من كل المقدمات نتيجة كلية مطلقة التعميم [2] .

وليست هذه العملية شبيهة فى شيئ بالاستقراء القائم على التعميم [3]. وهو الاستقراء الذى تنتقل فيه من عدد متناه من الأمثلة الخاصة إلى عدد لانهاية له من الأمثلة المشابهة لها .

الاستقراء القائم على التعميم :

وهو الاستقراء الذى يعتمد على « مجموعة من الأساليب والطرق العلمية والعقلية ، التى يستخدمها الباحث فى الانتقال من عدد محدد من الحالات الخاصة إلى قانون أو قضية عامة ، يمكن التحقق من صدقها بتطبيقها على عدد لا حصر له من الحالات الخاصة الأخرى التى تشترك مع الأولى فى خواصها أو صفاتها النوعية »[4].

وهذا هو أساس القدرة على التعميم فى الاستقراء العلمى فهو كما يقول بول موى « استقراء يعمل فى آن واحد على زيادة الحكم كَمّاً وجهة . أما باعتبار الكَمِّ فذلك بانتقاله من الجزئى إلى الكلى ، وأما باعتبار الجهة فذلك بانتقاله من العرضى (المعطيات) إلى الضرورى (القانون) »[5] ؛ لذلك عرفه لا شيليه بأنه « العملية التى ننتقل بها من معرفة الظواهر إلى معرفة القوانين

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٥٩ .

(٢) حاول أرسطو (فى التحليلات الثانية : Second Analysis) أن يحدد مصدرا آخر تستمد منه القضايا الكلية العامة تعميما ضروريا غير الجزئيات المعدودة المحصورة ، وذلك بالحدس العقلى المباشر . غير أنه لم يطلق عليه كلمة استقراء ، وقصر التسمية ـ كما أشرنا ـ على الاستقراء العام (د. زكى نجيب محمود) المنطق الوضعى ص ٣٢١ ، وأيضا : د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ٣٧ .

(٣) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٥٩ .

(٤) المصدر السابق ص ٦٢ ويلاحظ أن الاستقراء التعميمى هو ما يعرف بالاستقراء الناقص .

(٥) بول موى : المنطق وفلسفةالعلوم ٢٢٧/٢ .

المتحكمة فيها »[1] .

وهذا هو السبب فى أن الاستقراء أسلوب منتج من الوجهتين العلمية والعملية ، ونلاحظ أن الانتقال من بعض الملاحظات والتجارب إلى القانون أو القضية العامة لا يتم إلا بفضل عملية هى التعميم . وهذه العملية هى فى الواقع روح المنهج الاستقرائى بل هى العنصر الجوهرى فى العلم .

وعلى ذلك فالاستقراء المنهجى « يصنف الملاحظات والتجاوب ، ويرتبها على نحو يسمح بوضع الفروض ، وإن هذا الفرض وليد علمية التعميم »[2].

مراحل المنهج الاستقرائى :

أولا : الملاحظة العلمية :

وفيها يلاحظ الباحث الظاهرة « بغرض الوصول إلى القوانين التى تخضع لها » ، فمثلا ملاحظة صدأ الحديد تؤدى إلى محاولة التعرف على الأسباب التى تسبب هذا الصدأ[3] ، فهى محاولة للكشف عن تفاصيل الظاهرة ، وعن العلاقات الخفية التى توجد بين عناصرها ، ومحاولة معرفة أسبابها .

ومن أجل ذلك تستخدم الملاحظة العلمية[4] الآلات الدقيقة التى تدعم من قدرات العلماء على اكتشاف خصائص الأشياء والكشف عن عناصرها .

ومن شروط الملاحظة العلمية :

١ـ الخضوع التام للواقع أى « ملاحظة الظاهرة فى ظروف تستبعد كل احتمال ، وتقضى على كل مظنة للشك »[5] .

---

(١) المصدر السابق ص ٢٢٤ .

(٢) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٦٧ .

(٣) الوائق بالله عبد المنعم أحمد : المنطق ومناهج البحث ص ١٣٣ .

(٤) يميز الدكتور محمود قاسم بين نوعين من الملاحظة الساذجة أو الفجة غير المقصودة ، والتى لا تساعد على قيام العلم وبين الملاحظة المقصودة والتى تساعد على نمو النظريات وتقدم العلوم . المنطلق الحديث : ص ٩٤ وما بعدها .

(٥) بول موى : المصدر السابق ٧٢/١ .

٢ـ كذلك تتطلب الملاحظة العلمية صبرا لا ينفد « وعدم التسرع فى إصدار الأحكام على الظواهر »[١] .

٣ـ الموضوعية وعدم التدخل بأى آراء شخصية . « فالملاحظة العلمية تتطلب نزاهة كاملة ، وإنكاراً للذات »[٢].

ثانيا : التجربة :

أما التجربة فإنها « ملاحظة ظاهرة أو مجموعة من الظواهر ملاحظةً مقصودةً ، تتضمن تغيير بعض الظروف الطبيعية التى تحدث فيها تلك الظاهرة رغبة فى الوصول إلى صفاتها أو خصائصها ، التى لا يكون فى مستطاعنا الوصول إليها بمجرد الملاحظة دون تعديل فى ظروفها الطبيعية »[٣]، وبذلك تعتبر التجربة العلمية عند تدخل المستقرئ فى تعديل سير الظاهرة وتكييفها لاكتشاف أسبابها وعلاقتها ، فهى ليست أكثر من « ملاحظة مثارة »[٤] ومن هنا يتضح الفارق بين مفهومى الملاحظة والتجربة فى الدليل الاستقرائى لكن ذكر هذا الفارق ليس كبيرا ، وقد يتداخل فى طبيعة المرحلتين ، لكننا يمكن أن نؤكد أهمية التجربة على الملاحظة وذلك لأن التجربة توفر العنصر الزمنى للباحث العلمى بأنها تستدعى انتظار الزمن الذى تحدث فيه ، وهذا قد يستغرق طويلا ، وبسبب هذا الفارق ميز بينهما هرشل J.Herschel على أن التجربة فعالة بينما الملاحظة منفعلة[٥] .

وكثيرا ما تتداخل هاتان المرحلتان فى البحث العلمى « فالملاحظة والتجربة تعبران عن مرحلتين فى البحث التجريبى ، لكن هاتين المرحلتين متداخلتان من الوجهة العلمية ، فالباحث يلاحظ ثم يجرب ، ثم يلاحظ نتائج تجاربه »[٦] .

---

(١) الواثق بالله : المصدر السابق ص ١٣٠ .

(٢) بول موى : المصدر السابق ٦٧/١ .

(٣) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٤٥ .

(٤) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ١٠٢ .

(٥) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٤٦ .

(٦) د. محمود قاسم : المصدرالسابق ص ١٠٣ .

ولهذا اعتبر الخلاف بين المرحلتين في الدرجة لا فى النوع[١] فالتجربة تتميز من حيث الدرجة على الملاحظة فى كونها تهدف إلى « التحكم فى العوامل التى تؤثر فى الظاهرة ، فتستطيع التحكم مثلا فى الضغط ودرجة الحرارة ونسب المواد المختلفة ، لذلك فمن أهم شروطها هو دراسة عينات كثيرة من الظاهرة وعمل أكبر عدد ممكن من التجارب على تلك العينات قبل الوصول إلى النتائج »[٢] .

وهكذا تلتحم الملاحظة والتجربة فى البحث العلمى : لاكتشاف القوانين العامة على صعيد البحث العلمى .

ثالثا : الفروض العلمية :

تعرف الفروض « بأنها التكهنات التى يضعها الباحثون لمعرفة الصلات بين الأسباب ومسبباتها »[٣] فهى وظيفة عقلية يقوم بها الباحث للتكهن بسلوك الظاهرة المدروسة . فليست الغاية من إجراء التجارب والملاحظات العلمية هو مجرد جمع وتكدس المعلومات .

ولكى يكتسب التكهن درجة كافية من الإقناع ينبغى - فى أى بحث علمى - أن يدلل الواقع على صدقه وذلك عن طريق التثبت علميا بواسطة التجربة والملاحظة من مقدار ذلك الصدق ، حتى إذا ما تحقق لنا ذلك أصبح الفرض قانونا علميا [٤] ، يصلح لتفسير الظاهرة المدروسة .

وللفرض العلمى شروط وخصائص منها :

أ - أن يكون قضية قابلة للبرهنة ، أى يصلح أن يكون موضوعا للملاحظة والتجربة[٥] ويمكن تحقيقه تحقيقا تجريبيا بطريق مباشر وغير مباشر

---

(١) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٤٦ .
(٢) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المصدر السابق ص ١٣٤ .
(٣) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ١٣١ ويلاحظ أيضا : د. توفيق الطويل أسس الفلسفة ص ١٦٤ ، د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ٤٨ .
(٤) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المصدر السابق ص ١٣٥ .
(٥) الواثق بالله : المصدر السابق ص ١٣٥ .

، أو تحقيقا حتى من حيث المبدأ .

ب ـ أن يفسر الوقائع بأشياء تدخل فى نطاق المعرفة التجريبية Emperical لا بأشياء خرافية أو خارقة للطبيعة [١] .

جـ ـ ويقتضى هذا ألا يتعارض مع الواقع أو مع الحقائق العلمية المسلم بها .

د ـ أن يكون قابلا للتطبيق على ما بين أيدينا من ظواهر ، وعلى ما سيظهر منها مستقبلا [٢] .

وقد وضعت هذه الشروط للفرض العلمى لما تنطوى عليه طبيعة الفرض من احتمال الصدق أو الكذب ؛ « لأن الملاحظة والتجربة قد تثبتان فساده ، وهكذا لا يثبت صدقه إلا بشرط أن يعجز الباحث عن إثبات مخالفته للواقع » [٣] .

ومن هنا فإن القطع العقلى بصحة الفرض ناتج عن التثبت التجريبى لمدلول الفرض العلمى ، فإذا تحقق الأمر بالشكل المطلوب لشروط الفرض ، فمن الممكن اتخاذه قانونا عاما لتفسير الوقائع .

تلك هى أهم المبادئ الأساسية التى يقوم عليها المنهج الاستقرائى فى البحث . وإذا كنا قد استطعنا التفرقة ـ على النحو الذى عرضناه ـ بين المنهج الرياضى الاستنباطى فى العلوم الرياضية ، وبين المنهج التجريبى فى العلوم الطبيعية ، فمن الواجب ألا تحجب هذه التفرقة عن أعيننا أن الاستدلال فى كلا المنهجين « استدلال فرضى استنباطى . Hypothetical Deductive Reasoning لأن المبادئ والبديهيات والتعريفات الرياضية ليست إلا فروضا ، يسلم الرياضى بصحتها ثم يأخذ فى استنباط نتائجها والتحقق من صدقها . كذلك تسلك العلوم الطبيعية هذا المسلك الفرضى الاستنباطى لأنها تضع الفروض ، وتستنبط منها النتائج التى يجب التحقق من صدقها بالملاحظة والتجربة »[٤] ،

---

(١) د. محمود زيدان : المصدر السابق ص ٥٠ .

(٢) الواثق بالله : المصدر السابق ص ١٣٦ .

(٣) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ١٥٢ .

(٤) د .محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٥١ . وقد أكد بول موى على نفس المعنى حيث =

ولذا يجب أن تكون هذه النتائج مطابقة للواقع ، لأنها مستمدة منه ، ولأنه يستخدم فى تأكيد صحتها . فهى إذن تقريبية ونسبية . أما نتائج الاستنباط الرياضى فإنها أكيدة ومطلقة ، لأنها من صنع العقل وحده ، ومعيار الصدق فيها هو خلوها من التناقض .

وقد تنبه « هنرى بوانكاريه » إلى هذه العلاقة الوثيقة بين كلا المنهجين حيث أشار فى كتابه « العلم والفرض » « إلى أن الاستدلال الرياضى ليس استنباطيا محضا كما يعتقد وإلا اتخذ طابعا صوريا عقيما . ذلك أنه يشارك بقدر معين فى طبيعة الاستدلال الاستقرائى ، وهذا هو السبب فى أنه منتج ... وهو بذلك يجمع بين صفتى الخصوبة والدقة فى آن واحد »(١).

ويؤكد « بول موى » على أن هذا المنهج الخصيب الدقيق « هو منهج الطبيعة الرياضية » نصف رياضى ونصف تجريبى . فهو رياضى من حيث إنه يستبدل بالظاهرة المشاهدة ظاهرة ذات صورة رياضية ويدخل هذه الظاهرة فى صيغة رياضية . وهو تجريبى من حيث إنه يبدأ بمشاهدة أمر ما ، أى بإدراك حسى ، يتدخل فيه الذهن على نطاق واسع للحكم على صحة القانون أو خطأه(٢) .

وبذلك نفسر الوقائع فى علم الطبيعة الرياضى « تفسيرا كميا محكما ، ويكون هذا التفسير بواسطة الصيغ الرياضية »(٣) .

الصيغة الرياضية للقانون الفيزيقى :

ومن أمثلة (٤) القانون الفيزيقى ذى الصبغة الرياضية ، القانون القائل

= اعتبر أن كل منهما علوم فرضية استنباطية « بمعنى أن مناهجها المشتركة تنتقل من الفرض إلى النتيجة عن طريق الاستنباط ، ففى العلوم الرياضية تثبت النتيجة عندما يتم الاستنباط . ففى الأولى ينزل البرهان من الفرض إلى النتائج (كما هو الحال فى البراهين الرياضية السابق الإشارة إليها) وفى الثانية من النتائج إلى الفرض (كما هو الشأن فى وضع الفروض التجريبية) . (بول موى) : المنطق وفلسفة العلوم ٢٣٧/١ وما بعدها .

(١) المصدر السابق : ١٦٣/١ ـ ١٦٤ .
(٢) المصدر السابق : ٢٣٣/١ .
(٣) كارل بوبر : عقم المذهب التاريخى ص ٣١ .
(٤) نفس المصدر : ص ٣٥ وما بعدها .

(فيما يتعلق بالضوء أيا كان طول موجته) إنه كلما صغرت الفتحة التى يمر فيها الشعاع الضوئى ، كانت زاوية الحيود أكبر . إن مثل هذا القانون الفيزيقى تكون له الصورة الآتية :

(فى ظروف معينة ، إنْ تغير المقداران على نحو معين ، فإن المقدار ب يتغير أيضا على نحو يمكن التنبؤ به) .

ويقول آخر يعبر مثل هذا القانون عن اعتماد كمية معينة قابلة للقياس على كمية أخرى ويعبر عن هذا الاعتماد بألفاظ كمية دقيقة فى التعبير عن كل الكيفيات الفيزيقية فى ألفاظ كمية .

وبناء على ذلك يستبدل بالوصف الكيفى لنوع معين من الضـوء كقولنـا (ضوء أصفر ساطع) ، وصفا كميا (ضوء طول موجته وشدته كذا) .

وواضح أن مثل هذا الوصف الكمى للكيفيات الفيزيقية شرط أولى لابد منه لصياغة القوانين العلمية فى علم الطبيعة صياغة كمية ـ وهذه القوانين تساعدنا على تفسير الوقائع .

فالمادة فى علم الفيزياء الحديث « ليست هى الصفات الذاتية التى تدركها بالحواس كما هى واقعة فى الخارج ، بل بنيتها وقوانينها الرياضية »(١) .

لذلك كانت الميكانيكا مثلا « هى التطبيق الأول للبرهان الرياضى على الدراسة الكمية والعلّية للظواهر الطبيعية »(٢) .

وكذلك نظريـة الكوانـتم Quantum theory (٣) فى الفيزيـاء الحديثـة « ساعد على جعل القوانين العلمية قوانين عددية إحصائية Statistical أكثر

---

(١) برتراند رسل : الفلسفة بنظرة علمية ، تلخيص وتقديم د . زكى نجيب محمود ط . القاهرة ١٩٦٠ ص ١٣٦ .

(٢) د . عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ٤٥ .

(٣) تنسب هذه النظرية فى العصر الحديث إلى ماكس بلانك الذى صاغها فى عام ١٩٠١ م حيث كانت أبحاثه فى تحليل الضوء مقدمة لاكتشاف هذه النظرية التى تبحث فى حركة الإلكترونات فى مدارات الذرة وقياس سرعتها فى أزمنة محددة .

منها قوانين تعتمد على العلاقة السببية Causal »[١] .

مؤدى ذلك أن الاتجاه العلمى الحديث اتجه إلى التحرر من العلاقات السببية بين الظواهر ، التى تقف عند حد وصف الظواهر من ناحية خصائصها الطبيعية ، وإحلال العلاقات الوظيفية الرياضية Functional Relations محلها .

وهى تلك العلاقات التى « تبحث فى مدى الترابط بين ظاهرتين توجدان فى آن واحد وتتغيران تغيرا نسبيا ، بحيث تعد كل منهما شرطا فى الأخرى ، دون إمكان القول بأن إحداهما مقدمة والأخرى نتيجة . فإذا كانت هناك ظاهرتان (أ) ، (ب) وكان التغير الذى يطرأ على (أ) يصحبه تغير نسبى فى (ب) قلنا بوجود علاقة وظيفية بين هاتين الظاهرتين »[٢] .

وهذا المصطلح مأخوذ عن الرياضة ، وهو يعبر عن معادلة يمكن تأويل طرفيها بقيم مختلفة ، فيقال مثلا إن كمية ما ولتكن « س » تربطها علاقة وظيفية بكمية أخرى ولتكن « ص » ، إذا كانت كل قيمة تعبر عنها « س » تقابل كل كمية أخرى تدل عليها « ص » ؛ بمعنى أن سَ تقابل صَ ، سً تقابل صً وهكذا .

« ويدل استخدام العلاقات الوظيفية فى العلوم الطبيعية على أن العلماء أصبحوا يعنون عناية كبيرة بالنسب العددية التى توجد بين الظواهر ، إذ إن العلاقة الوظيفية تختص بالتعبير عن الصلة بين مجموعتين من الخواص تعبيرا رياضيا يغنى الباحث عن الرجوع إلى الأشياء الحسية لمعرفة صفاتها »[٣] .

فمثلا [٤]: إذا رسم عالم الطبيعة الخط البيانى الذى يدل على العلاقة العكسية بين حجم الغاز وضغطه فى درجة حرارة ثابتة بناء على عدد من

---

(1) Alfred J . Ayer ;. The foundation of Emperical Knowledge (London 1940) P . 213.
(2) Ibid : P.P. 213 - `214 .

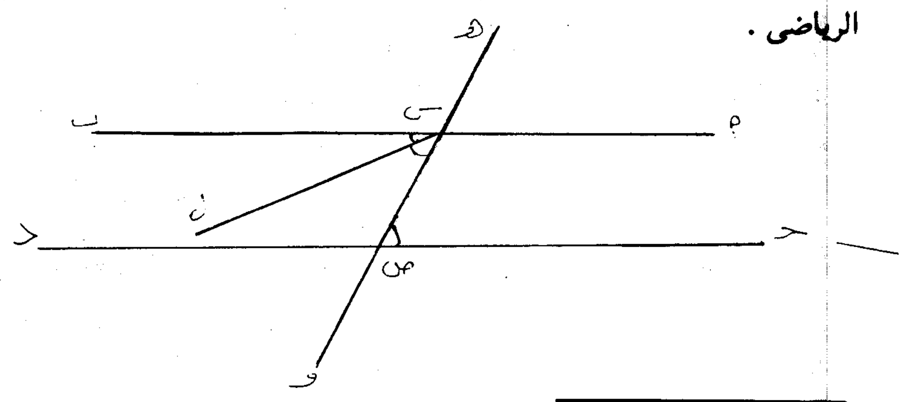
(٣) د . محمود قاسم : المصدر السابق ص ٢٢٣ .
(٤) المثال مأخوذ من كتاب د . محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٢٢٣ .

التجارب الخاصة فإنه يستطيع تعيين حجم الغاز بالنسبة إلى أى مقدار من الضغط والعكس بالعكس ، وذلك بأن يختار أى ضغط يريده ، ثم يفحص الخط البيانى لدى الحجم المقابل له ، دون أن يكون فى حاجة ألبتـه إلى إجراء أيـة تجربة جديدة .

ومعنى هذا أن الفرض العلمى بمعناه الحديث « لم يصبح مجرد وصف معين للظواهر ، بقدر ما أصبح فرضا يسعى إلى تفسير ظاهرة مجهولة بأخرى معلومة لنا »[١] بطريقة القياس .

ويعرف هذا النوع من الفروض ، « بالفروض الوصفية المثمرة Constructive descriptive »[٢] التى يقوم تحقيقها أولا وقبل كل شئ على مدى اتساق التفسير الرياضى ، وإحكام الانتقال من مقدمات إلى نتائجها انتقالا صوريا كما هو متضمن فى طبيعة البرهان الهندسى .

« فنحن نعلم أن الرياضى يسلم بصحة إحدى القضايا العامة ، لكى يستنبط منها إحدى النتائج ، فإذا كانت هذه النتيجة صادقة ، كان ذلك دليلا علي صدق القضية الأولى ، وإذا كانت كاذبة دلت على كذبها وعلي صدق القضية المضادة لها ، وهذا هو ما يطلق عليه اسم البرهان »[٣] فى العلم الرياضى .



---

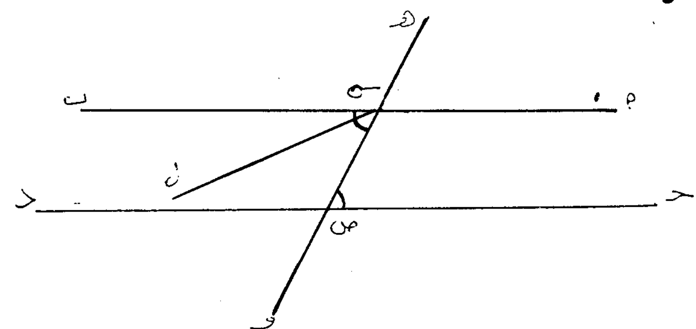
(١) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٥٠ .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع ، ويلاحظ أن هذا النوع من الفروض يجىء فى مقابل نوعين آخرين هما : الفروض العلية والفروض الصورية .

(٣) د . محمود قاسم : المصدر السابق ص ١٣٠ .

ويمكن التمثيل للبرهان الرياضى بالمثال الآتى : [1]

إذا قطع مستقيم مستقيمين متوازيين حدث أن كل زاويتين متبادلتين متساويتان .



الفرض : أ ب ، جـ د مستقيمان متوازيان قطعهما هـ و فى س ، ص .

المطلوب : إثبات أن ‹ ب س ص = ‹ س ص جـ .

البرهان : إن لم تكن ‹ ب س ص = ‹ س ص جـ نفرض أن المستقيم س ل يصنع مع س ص الزاوية ‹ ل س ص وأنها تساوى ‹ س ص جـ .

∴ س ل // جـ د .

ولكن أ ب // جـ د فرضا .

∴ أمكن وجود مستقيمين متقاطعين أ ب ، س ل يوازيان ثالثا وهو جـ د وهذا محال (بديهية) .

∴ ‹ ب س ص لابد أن تساوى ‹ س ص جـ .

وهو المطلوب إثباته .

فالبرهان الرياضى إذن ـ كما رأينا ـ يقوم على التحليل والتركيب فى آن واحد فهو إذن نوع من الاستنباط غير القياسى أو المنطقى حيث إنه ليس له نفس تركيب القياس أو الاستنباط الصورى[2] .

(١) المصدر السابق : ص ٢٩٨ وقد عبر « رسل » عن مضمون البرهان الرياضى بقولة : إن النتيجة فى البرهان الرياضى تحتوى على كل المقدمات أو بعضها ، ولكن كل مافى الأمر أن هذه النتيجة كتبت مافى المقدمات بلغة جديدة (الفلسفة بنظرة علمية : تلخيص وتقديم د . زكى نجيب محمود ط . القاهرة ، . ١٩٦ ص ٧٢) .

(٢) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢/٢٦١ .

ذلك أن التركيب الرياضى ينصب على « علاقات » كعلاقة التساوى مثلا فى حين ينصب القياس الصورى على فئات أو صفات كصفة الغناء فى الإنسان مثلا .

كما أن التحليل الرياضى « يعمد إلى استخلاص الشروط الضرورية للاستدلال والانتقال من الدرجة العليا إلى الدرجة الدنيا ، والتركيب هو العملية العكسية »[1] .

وبذلك يمكننا القول بأن البرهان الرياضى يتضمن جدة ، بينما القياس تحصيل حاصل .

وقد بين هنرى بوانكاريه فى كتابه « العلم والفرض » أن البرهان الرياضى « يقوم على أساس ما يسمى باسم الاستقراء الرياضى mathematical Induction نظرا للشبه الشديد بينه وبين الاستقراء التجريبى ، إذ كلاهما يعمم ، بأن ينتقل من حاله إلى التطبيق على كل الأحوال »[1] ليصل إلى القانون .

الفروض التجريبية والفروض الرياضية (مقارنة) :

ويجب أن نلاحظ فى هذا المقام أن الفروض التجريبية تختلف عن الفروض الرياضية من عدة وجوه :

أولا : الفرض الرياضى يقوم على الحدس العقلى الخالص ، ولا ينبنى على شهادة الحواس والتجربة ـ كما هو الحال فى الفرض التجريبى ـ لذلك يسمى بحدس العدد الخالص « الذى يستطيع أن ينشئ البرهان الرياضى الحقيقى »[3] .

---

(١) نفس المصدر : ٢٦٢/٢ .

(٢) د . عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١٠٦ ، ويسوق هنرى بوانكاريه مثالا على الاستقراء الرياضى بقوله « إذا كانت نظرية صحيحة بالنسبة للعدد (أ) وإذا برهنا على أنها صحيحة بالنسبة لـ (ن + ١) ، شريطه أن تكون صحيحة بالنسبه لـ (ن) فإنها صحيحة بالنسبة لجميع الأعداد الصحيحة (قيمة العلم : ترجمة الميلودى شعموم ط بيروت ١٩٨٢ ص ١٨) .

(3) Poincare , H . L a valeur de la science .

ص ١٨ من الترجمة العربية (للميلودى شغموم ط بيروت ١٩٨٢) .

ثانيا : وظيفة الفرض الرياضى الأساسية هى « التحقق من صدق النتائج فى البرهان الرياضى ـ كما أوضحنا ـ فى حين يقوم الفرض التجريبى بمهمة التفسير فى العلوم الطبيعية »[١] .

ثالثا : يستطيع الرياضى أن يستخدم الفروض فى الوصول إلى نتائج يقينية صحيحة دون ما حاجة إلى مطابقتها على الواقع التجريبى ، أما عالم الطبيعة فيظل مقيدا بالتجارب الجديدة ، التى قد تؤدى إلى تغيير فروضه التى وصل إليها ، ومن ثم فإن تقييم الفروض عنده يخضع دائما للتحقق التجريبى [٢] .

والواقع أننا رغم هذه الفروق ـ التى أوضحناها ـ لا نستطيع أن نفصل بين المنهج الرياضى والمنهج التجريبى بالنسبة إلى الرياضيات أو إلى العلوم الطبيعية ، فكل علم من هذه العلوم يلجأ إلى كلا المنهجين « فالرياضة تعتمد على المنهج التجريبى إلى جانب اعتمادها على المنهج الرياضى ، وأى علم من العلوم الطبيعية لابد أن يلجأ إلى المنهج الرياضى . فهذه مسألة يؤكد لنا صحتها تاريخ الرياضة من ناحية وطريقة تكوينها عند كل عالم من ناحية أخرى »[٣] .

ولقد أظهر الأمر احتياج العالم الفيزيائى إلى المنهج الرياضى « إذ هو ينحو نحو اكتشاف قوانين عامة يصوغها فى صيغ رياضية نستخدمها من بعد فى استخراج النتائج الخاصة بالأحوال الجزئية[٤]» .

فاستخدام الاستدلال الرياضى العلم التجريبى يساعد علي « جعل ملاحظاتنا مثمرة وتقطع أشواطا بعيدة فى البحث التجريبى .

فأفكارنا عن الكتلة mass والطاقة Energy مثلا هى أفكار آتية من التجربة ، ولكن إذا أمكننا صياغتها فى لغة رياضية رمزية ، كان ذلك أدعى

---

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢/٢٣٥ .

(٢) د . عبد الرحمن بدوى : منهج البحث العلمى ص ١٥ .

(٣) المصدر السابق : ص ١٥.

(٤) المصدر السابق ص ١٦.

إلى جعل نتائجها منضبطة »[١] . وتدخل ضمن الصيغ التى تعبر عن قوانين ، ويعنى ذلك إمكان وضعها فى صورة معادلة رياضية ، ذلك « أن تفسير ملاحظة فلكية هو التوفيق بينهما وبين ما تعلمناه فى علم الضوء عن طبيعة الضوء وسرعته وانكساره . وجميع هذه العمليات تعين على وضع الظاهرة فى صورة معادلة »[٢] والانتقال إلى القانون العلمى الدقيق بعد ذلك هو حل هذه المعادلة الرمزية « فالقوانين العددية الإحصائية ، تشكل اختصارا مفيدا للقوانين السببية العلمية »[٣] ومن ثم يمكن تحويل العديد من النظريات الفيزيائية الوصفية إلى براهين عددية دقيقة [٤] .

مثال ذلك « أن القول بأن الفوسفور يذوب فى حرارة ٤٤ درجة يعنى أن كل جسم يتمتع بهذه الخواص الطبيعية يذوب فى ٤٤ درجة حرارية ، بهذا الفهم تصبح القضية قانونا . وهذا القانون يسمح بالتنبؤ بأن كل جسم يتمتع بتلك الخواص سيذوب فى درجة ٤٤ مئوية »[٥] .

نخلص مما سبق إلى أن استخدام الاستدلال الرياضى فى العلوم الاستقرائية التجريبية ، واستخدام الرموز بدلا من الألفاظ الوصفية جعل هذه العلوم أكثر ضبطا وأكثر دقة ووضوحا ، ولذلك أصبح العلم « يوجه أغلب اهتمامه إلى المقادير الكمية ؛ ليقوم بقياسها ويستفيد من هذا القياس الكمى فى الوصول والكشف عن مختلف الحقائق والقوانين وصياغتها فى صورة معادلات رياضية ، وعملية القياس الكمى هذه تعتمد عليها العلوم الطبيعية الحديثة »[٦] .

---

(1) Ritchie A . D .; : scientific method (London 1923) P. I2 .

(٢) پول موى : المصدر السابق ٢ / ٢٥٩ .

(3) Alfeed J . Ayer ; : The foundation of emperical Knowledge P. 218 .

(٤) هنرى بوانكاريه : قيمة العلم ص ٩٦ .

(٥) المصدر السابق ص ١٤٤ وما بعدها ـ ويلاحظ ما أفاده توبياز دانزج فى كتابه (العدد لغة العلم ، ترجمة د . أحمد أبو العباس طبعة القاهرة بدون تاريخ حين ضرب مثالا مماثلا على نقطة انصهار الرصاص عند درجة ٣٢٨ مئوية) ص ٦٩ .

(٦) الواثق بالله عبد المنعم أحمد : المنطق ومناهج البحث ص ٧٢ .

فالطبيعة الحديثة ، والكيمياء الحديثة بمعناهما الصحيح ، هما العلمان اللذان يمثل الحساب الرياضى فيهما مكانة أهم بكثير من مكانة التجربة .

ونتيجة لذلك يكون هناك نوعين من استدلال البحث : نوعا كيفيا تمهيديا هو الاستقراء ، ونوعا كميا رياضيا ، يستخدم فى إضفاء مزيد من الصيغة الرياضية على العلم التجريبى لتحقيق أكبر دقة علمية ممكنة [1] واكتشاف أحدث النظريات .

وهذا ما تنبه إليه المسلمون فى تفهم طبيعة البحث التجريبى ومتطلباته العلمية المتكاملة .

فنشأ منهج الاستقراء أصيلا لديهم فى مجال النظر وفى مجال التطبيق على السواء على نحو ماسوف نرى فى أقسام البحث التالية .

الفصل الثانى

منهج الاستقراء لدى علماء الإسلام

منهج الاستقراء لدى علماء الإسلام

سوف نتعرض فى هذا القسم من البحث لمفهوم منهج الاستقراء وأبعاده العلمية فى الفكر الإسلامى ، على اعتبار أنه (أصيل) ، نشأ فى البداية فى دوائر الأصوليين من الفقهاء ، وأنهم أولوه الكثير من العناية بالبحث والتحقيق ، نظرا لما تتطلبه طبيعة علومهم الشرعية ، وإقامة قواعدها على ممارسة الطريقة الاستقرائية بغية الوصول إلى الحكم القاطع لطبيعة الظواهر المدروسة .

ولهذا تكلم الأصوليون فى قواعد المنهج واستخلصوا من تطبيقاتهم العملية أسسا وشروطا ، كان لها الأثر البعيد فى شروط وقواعد المنهج على عموم رواد المناهج العلمية .

وسوف نرى كيف امتد هذا التأثير حتى طلائع عصر النهضة الأوروبية الحديثة عند فرنسيس بيكون وجون استيوارت مل .

كما سوف يقتضى منا البحث إشارة إلى كيفية انتقال منهج الاستقراء إلى أيدى العلماء التطبيقيين المسلمين ، وكيف أنهم تناولوا قواعد المنهج بفلسفة علمية تنم عن إدراك ووعى كبيرين ، فأفاضوا الحديث عن خصائصه وشروطه ، إذ يمثل المنهج فى هذه المرحلة خطوة متطورة ، أدت إلى تحقيق إنجازات علمية كثيرة فى ميادين مختلفة .

ولقد أدرك الإسلاميون بعد دراستهم للمنهج الاستقرائى أنه منهج علمى ، لايقوى بنفسه على الوفاء بكل متطلبات البحث العلمى ؛ لذلك استخدموا المنهج الرياضى بصورة واسعة ، إلى جانب المنهج الاستقرائى للوفاء بمتطلبات البحث العلمى ، ولكى تكتمل لديهم أركان البحث العلمى بصورة لا تقل شأنا عن الطريقة التى اتبعها المحدثون فى هذا الصدد .

فاستخدام المنهج الرياضى فى التعبير عن نتائج التجربة بطريقة كمية قياسية ، وكذلك فى التعبير عن نتائج الفروض وصياغة القانون العلمى ، أضفى على الطريقة العلمية عند المسلمين الدقة القياسية ، وساعد على تطوير نظريات العلم لديهم تطويرا كبيرا .

هذا بالإضافة إلى أن استخدام لغة الرياضة فى شتى العلوم التجريبية قد ساعد كثيرا على التحرر من الطريقة الوصفية الكيفية التى تميز بها العلم القديم عند اليونانيين ، حيث وقفوا عند حد البحث عن الماهية ، والصفات الجوهرية للأشياء ، وفى ذلك يقول كارك يوبر عن البحث العلمى عند اليونان بأنه « ينفذ إلى ماهيات الأشياء يفسرها [١] تفسيرا كيفيا لا كميا » .

كما أن استخدام القياس الرياضى والقوانين العددية مكن العلماء من أن يطوروا أفكارهم عن العلاقات الوظيفية Functional Relations المستمدة من التجربة[٢] ، وبدون القياس نصبح أسرى أفكارنا المتضمنة علاقة السبب بالمسبب ، وهى العلاقة التى تعبر عن فكرة الارتباط الضرورى التقليدية والتى تؤدى إلى « حالة من الغموض للعقل بأن الأحداث تتوالى متتابعة على الضرورة » [٣].

ولعل فكرة الارتباط الضرورى هذه هى ما حاول العلم الحديث التخلص من أغلالها ، والاتجاه نحو فكرة العلاقات الوظيفية التى تقوم على أساس إحلالنا للرموز الرياضية محل المدركات الكيفية الحسية التى تمدنا بها التجربة .

وقد لخص رسل وجهة النظر هذه بقوله « إن السببية تعد نظرية نافعة عندما

---

(١) كارل يوبر : عقم المذهب التاريخى ، ترجمة الدكتور عبد الحميد صبره طبع الإسكندرية ١٩٥٩ ص ٣٩ .

(2) Ritchie A. D; : Scientific method (London I923) P . 107

(3) Alfred J.Ayer ; :The foundation of empirical knowledge P.183.

والضرورة هنا تعنى استحالة حدوث الظاهرة إذا لم تتوافر الشروط المسببة لها وهذه الاستحالة هى مايعبر عنها بالضرورة أو الارتباط الضرورى Neccessary Conmexion

(يلاحظ : بول موى) : المنطق وفلسفة العلوم ، ترجمة الدكتور فؤاد زكريا طبع مصر ١٩٦١ ١ /٨٠) .

يكون العلم فى أولى مراحله ، لأنها تكشف لنا عن قوانين يغلب عليها أن تكون صحيحة ، وإن لم يكن ذلك محتوما دائما ... غير أن هذا الاتجاه فى البحث ليس له قيمة فلسفية ، ولا يكاد العلم يجد قوانينه الدقيقة ، حتى يتخلى عن مثل هذا الاتجاه ، وأقصد بالقوانين الدقيقة فى العلوم المتقدمة القوانين الكمية » (١) التى تستخدم لغة الرياضيات فى التعبير عن العلاقات الدقيقة بين الظواهر .

ذلك أن « كل القوانين مستمدة من التجربة ، ولكن التعبير عنها يحتاج إلى لغة خاصة مادامت اللغة العادية فقيرة وغامضة ، وغير قادرة على التعبير عن العلاقات الدقيقة . وهذا إذن سبب أول يجعل الفيزيائى عاجزا عن الاستغناء عن الرياضيات ؛ لأنها تمده باللغة الوحيدة التى يمكن أن يتكلم بها » (٢) .

وقد أدرك المسلمون ببراعة فائقة ـ كما سوف نرى ـ هذه الأمور المنهجية فتوصلوا إلى وضع أصول المنهج الاستقرائى (فى مجال النظر) ثم نقلوه باقتدار علمى إلى مجال التطبيق . ثم أكملوا أدوات البحث العلمى باستخدام المنهج الرياضى ، ولغة العلم الرياضى فى تطوير مراحل الدليل الاستقرائى ، من ملاحظة وتجربة وتحقيق للفروض العلمية واستنباط القانون العلمى وصياغته صياغة رمزية ساعدت على تقدم البحث فى مجالات علوم الطبيعة والكيمياء ، والفلك وعلوم الملاحة البحرية .

أصالة منهج الاستقراء لدى علماء الإسلام :

لعل من أبرز ما يميز منهج الاستقراء فى الفكر الإسلامى ، أنه منهج أصيل لم يسبق إليه أحد من قبل .

فقد نشأ هذا المنهج أول مانشأ فى دوائر علماء أصول الفقه الذين وضعوا

---

(١) برتراندرسل : الفلسفة بنظرة علمية ـ تلخيص وتقديم د . زكى نجيب محمود طبع القاهرة ١٩٦٠ ص ١٢٢ .

(2) Poincare , H. ;: La valeure de la science .

الترجمة العربية : طبع بيروت ١٩٨٢ ص ٩٠ .

للعلّة شروطا وقواعـد ، لا يخرج عنهـا ـ بأى حـال من الأحـوال ـ ماجاء به چون اسيتوارت مل في العصر الحديث .

وقد كان مبحث القياس الأصولى عند المسلمين ـ كما سوف نرى ـ مبحث فصلت فيه الأدلة والمقاييس العلمية ، ولم يخضعوا فيه لوصاية الفكر اليونانى عامة ، والمنطق الأرسطى خاصة ، ولم يكن انطلاقهم العلمى إلا تجسيدا لتلك الروح الإسلامية التى حصنتهم بذاتية فكرية متكاملة .

ولقد حاول بعض المفكرين أن يتخذ من التقاء التفكير الإسلامى بالفكر اليونانى مبررا لتأثر منهج البحث العلمى لدى المسلمين بالفكر اليونانى ، وخاصة منطق أرسطو الذى سيطر على جميع دوائر الفكر الإسلامى ، فلاسفة وعلماء وفقهاء ومتكلمين [١] إلا أن هذا الرأى لم يعد مقبولا فى ضوء الدراسات العلمية المعاصرة ولنا على هذا الموضوع الملاحظات التالية :

أولا : إذا سلمنا بأن الفكر اليونانى كان قد دخل إلى العالم الإسلامى منذ وقت مبكر ، وخاصة ماعرف من الكتب المنطقية لأرسطو [٢]، فهذا لا يشكل حجة على وجود التأثر والتأثير فى المنهج الإسلامى بقدر ماهى مسألة التقاء فكرى أو هى ظاهرة اطلاع على علوم الأوائل ـ كما وصفها الإسلاميون ـ ولا تتضمن مسألة الاطلاع هذه ضرورة التأثير ، فالاطلاع قد ينتهى إلى قبول أو رفض من الجانب المطلع . ولقد اتسم تقويم المسلمين لهذا الفكر كما يرى أستاذنا الدكتور على سامى النشار [٣]ـ رحمه الله ـ بموقف مزدوج تمثل فى رفض المنطق الأرسطى كمنهاج للبحث ومهاجمته [٤]وهو

---

(١) يلاحظ ما أفاده الدكتور ابراهيم بيومى مدكور فى كتابه «الأورجانون الأرسطى فى العالم الإسلامى » فى هذا الصدد (مجلة كلية الآداب والعلوم) بغداد ١٩٥٧ ص ٣٣ .

(٢) د. على سامى النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ، طبع دار المعارف سنة١٩٦٧ ص١ ـ ١٥ .

(٣) المصدر السابق ٨٧ .

(٤) بلغ هذا الهجوم ذروته على يد السلفى الكبير ابن تيمية (المتوفى ٦٢١ هـ) إذ لم يعد الهجوم على المنطق الأرسطى لديه يتمثل فى صورة مبادئ أو أحكام تقرر تجريحه وعدم الاشتغال به ، بل بدأ الهجوم يتخذ شكل النقد المنهجى ويقوم على أسس منطقية (راجع د. النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ١٨٧) .

الموقف الذى يمثله جهود المسلمين بما فيهم علماء الأصول ، وهذه الفئة التى نشأ على يدها أصول المنهج العلمى .

أما الموقف الآخر فهو موقف تلقى هذا الفكر والإقبال عليه بالدرس والتحقيق على يد المتأخرين من المتكلمين فى أواخر القرن الخامس الهجرى وخاصة لدى الإمام الغزالى [1]. الذى حاول مزج المنطق الأرسطاليسى بعلم الكلام والعلوم الإسلامية الأخرى .

ويعلل الغزالى سبب مزجه المنطق الأرسطى بالعلوم الإسلامية أنه ـ أى المنطق ـ « كالرياضيات سواء بسواء لاخطر منه فى ذاته على الدين »[2] . ويؤكد على نفس هذا المعنى فى القسطاس بقوله « لا داعى أن أزن بها ـ يقصد قوانين المنطق ـ المعارف الدينية فقط ، بل أزن بها العلوم الحسابية والهندسية والطبيعية والفقهية والكلامية وكل علم أميز حقه من باطله بهذه الموازين وكيف لاوهو القسطاس المستقيم » [3].

إلا أن محاولات المزج المتأخرة هذه لم يكتب لها الدوام فى الفكر الإسلامى لدى دوائر الفلاسفة والعلماء التطبيقيين فيما بعد ، وموقف العلماء يختلف عن موقف الفلاسفة فى هذا الجانب ، والعلماء هنا لخصوا الآراء العلمية فى ذلك الفكر ، ودرسوها وبينوا عيوبها، بحيث أوضحوا الخلل فى النظريات العلمية التى يعتمد عليها القياس الأرسطى . وأما الفلاسفة فإن بحوثهم العلمية اتسمت بنفس الموقف الذى مثله العلماء التطبيقيون ، إلا أن أبحاثهم الفلسفية جارت إلى حد ما النزعة الأرسطية ، ولهذا السبب بالذات اتصفت الأبحاث العلمية بأصالة فكرية تفوق البحث الفلسفى بشىء كثير . ورغم تفوق البحوث العلمية فى أصالتها ونتائجها على البحث الفلسفى لدى الإسلاميين ، فإن الفلسفة الإسلامية امتازت بمفاهيم وأفكار عارضت فيها الاتجاه اليونانى فى مفهومه الفلسفى عن الكون والحياة [4] .

---

(١) د. النشار : المصدر السابق ص ٨٧ .

(٢) أبو حامد الغزالى : المنقذ من الضلال طبع القاهرة ١٩٧٢ ص ١٥ .

(٣) ابو حامد الغزالى : القسطاس المستقيم طبع القاهرة سنة ١٣٥٣ هـ ص ١٨٨ .

(٤) ولهذا يقول فرانتز روزنتال « على أنه لم يسلم عالم أو فيلسوف إغريقى قديم من سهام=

ثانيا : يتوقف المنطق الأرسطى إلى حد كبير على طبيعة اللغة اليونانية « ولما كانت اللغة وخصائصها مظهرا من أوضح مظاهر روح الحضارة ، فيها خصائصها وبها مميزاتها وطابعها ، فحظ المنطق من الروح اليونانية إذا كبير جداً ، وبهذا نجد المهاجمين للمنطق اليونانى من أهل السنة يعنون بالإشارة إلى الناحية اللغوية ، إلا أن إشارتهم إلى الاختلاف بين اللغتين العربية واليونانية يجب أن يفهم باعتبار ذلك رمزا على الاختلاف بين جوهر كل من الروحين، اللتين أنتجتا هاتين اللغتين »[١] .

وقد صور لنا أبو حيان التوحيدى طبيعة هذا النفور بين اللغتين العربية واليونانية ، ورفض المنطق القائم على هذه اللغة فى كتاب « المقابسات » فى المناظرة التى جرت بين أبى سعيد السيرافى وبين ابن يونس الفيلسوف ، مما يؤكد أن حجة الرفض أساسها تباين اللغتين واختلاف خصائصهما (٢) .

ثالثا : يرى الدكتور النشار أن العلّة فى رفض المنطق الأرسطى لدى الأصوليين خاصة هى « أنهم لم يقبلوا الميتافزيقا الأرسططالية لأنها مخالفة لإلهيات المسلمين . وهذا المنطق وثيق الصلة بالميتافزيقا ، وكثير من أصوله يتصل بأصولها ولهذا رفضه المتكلمون . وهذه فكرة فى الحقيقة من أدق الفكر التى وصل إليها المسلمون وهى كافية لهدم المنطق الأرسططاليسى من وجهة نظر إسلامية »[٣].

رابعا : أن الاستقراء[٤] عند أرسطو هو عملية « إقامة البرهان على

= الانتقاد عند المسلمين ، حتى الفلاسفة والمتكلمين منهم الذين كانوا أشد أنصار الفلسفة والعلم الإغريقى.» فرانتز روزنتال » مناهج العلماء المسلمين فى البحث العلمى ، ترجمة د . أنيس فريحة ، مراجعة د. وليد عرفات طبع بيروت ١٩٦١ ص ١٤٦ .

(١) الدكتور عبد الرحمن بدوى : التراث اليونانى فى الحضارة الإسلامية طبع مصر سنة ١٩٤٠ (المقدمة) .

(٢) أبو حيان التوحيدى : المقابسات ، تحقيق حسن السندوبى ، مصر ١٩٢٩ ص ٦٩ ـ ٧٣.

(٣) الدكتور النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ، ص ٣٧٨ ـ ٣٧٩ .

(٤) يلاحظ أن أرسطو قسم الاستقراء على أساس تعداد الحالات والأفراد إلى استقراء كامل وناقص ، فإذا كان الاستقراء مستوعبا لكل الحالات والأفراد كان استقراء كاملا وإذا لم يشمل إلا عددا محدودا فيها كان ناقصا (الصدر : الأسس المنطقية للاستقراء ص ١٤) .

قضية كلية ، لابإرجاعها إلى قضية أعم منها ، بل بالاستناد إلى أمثلة جزئية تؤيد صدقها » [١] وبهذا يشير أرسطو إلى أن العلم بالكلى لا يكون إلا بالاستقراء [٢] ويؤكد أن الطريقة الاستقرائية ترتبط بالحس ارتباطا وثيقا ، ذلك أن الاستقراء ينصب على الأشياء الجزئية ، ولا يمكن التعامل مع الجزئى إلا من خلال الحواس ، لكن ذلك يمثل عند أرسطو خطوة فى طريق العلم ، وليس هو العلم لأن طبيعة العلم لديه هو « الكلى » والكلى هنا لا يستغنى عن الاستقراء الذى يمثل أولى مراحله ، وبذلك يرى أنه « لا يمكننا أن نستقرىء إذا لم يكن ثمة حس ، لأن الحس هو للأشياء الجزئية ، فإنه لا يمكن أن يتناول العلم بالجزئى لأنه يستخلص من الكليات بدون الاستقراء ، ولا يستخلص بالاستقراء بدون الإحساس ، فالعلم هو بالكلى » [٣] .

ولنضرب مثالا على استخدام أرسطو للأمثلة الجزئية التى يشملها الإحصاء فى العملية الاستقرائية عنده ، فقد اشترط أرسطو لإقامة البرهان على قضية كلية استنادا إلى طريقته الإحصائية أن تحصى الأمثلة الجزئية كلها ، وهذا يعنى أنه لا يقصد من الأمثلة الجزئية معنى الأفراد فذلك أمر غير ممكن من الناحية العملية ، وإنما أراد من الأمثلة الجزئية معنى الأنواع منها ، يقول أرسطو :

« الإنسان ، والحصان ، والبغل ، .... إلخ طويلة العمر . الإنسان ، والحصان ، والبغل ....إلخ هى كل الحيوانات التى لا مرارة لها .

إذن الحيوانات التى لا مرارة لها طويلة العمر » [٤] وبذلك فإننا لا نستطيع أن نثبت القضية القائلة بأن « الحيوانات التى لا مرارة لها طويلة العمر » إلا إذا أحصينا الحيوانات الطويلة العمر فى المقدمة الثانية إحصاءً تاما فوجدناها لا مرارة لها ، ومن هنا فإن الاستقراء بمفهومه الأرسطى يتولى

(١) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ، طبع القاهرة ١٩٦٦ ، ٢ / ١٥٦ .

(٢) أرسطو : منطق أرسطو ، تحقيق الدكتور عبد الرحمن بدوى طبع القاهرة ١٩٤٩ ، ٢/ ٣٦٥ .

(٣) المصدر السابق : الموضع نفسه .

(4) Encyclopedia Britannica (London 1959) V.I2 P. 273 .

مهمة إثبات الحد الأكبر للأوسط عن طريق الحد الأصغر . وهذه الصورة التى مارسها أرسطو للحصول على النتيجة تشبه تماما صورة الاستدلال القياسى ، « ولذا أطلق على هذا الاستدلال القياسى الذى تذكر الجزئيات فى مقدماته بالقياس الاستقرائى ، لأنه قياس من حيث صورته العامة ، واستقراء من حيث استقصاء الجزئيات فى المقدمات ، ولابد لصحة الاستدلال أن يكون الحد الأوسط ـ كما يقول أرسطو ـ شاملا لجميـــع الجزئيات »(١) .

وهذا يعنى أن أرسطو وجه الاستقراء بمستوى الطريقة القياسية فى الاستنباط « فكما أن البرهنة بطريقة قياسية على ثبوت المحمول للموضـوع (أى ثبوت الحد الأكبر للحد الأصغر بواسطة الحد الأوسط) تؤدى إلى اليقين بأن هذا المحمول ثابت للموضوع ، كذلك أيضا البرهنة على ثبوت المحمول للموضوع عن طريق استقراء جميع أفراد الموضوع ، فإنها تعطى نفس الدرجة من الجزم المنطقى التى يعطيها القياس »(٢) .

ومن هنا كانت غاية أرسطو الوصول إلى العلم اليقينى عن طريق البرهان والاستقراء ، وهو هذا النوع من الاستقراء الذى يستند إلى الحس فى حين تكون مقدمات البرهان كلية (٣) .

وعلى ذلك فالمنهج الذى مارسه أرسطو ـ كما يقول الدكتور زكى نجيب محمود ـ « هو فى تعميمه منهج لإقامة البرهان على حقيقة معلومة لا للكشف

---

(١) د. زكى نجيب محمود : المصدر السابق ١٥٧/٢ ، ويرى الأستاذ يوسف كرم أن غاية أرسطو من الإشارة إلى عد جميع الجزئيات فى هذا النوع من الاستقراء إنما يقصد الاستقراء الصورى بحيث أكد على الشرط الذى من خلاله اعتبار الاستقراء من أحد الأقيسة إلا أن أرسطو لم يصرح بإمكان تحقيق مثل هذا النـوع من الاستقراء ، أى الاستقـراء الشامـل لجميـع الجزئيـات يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية ، طبع مصر سنة ١٩٣٦ ص ١١٢ .

(٢) محمد باقر الصدر : الأسس المنطقية للاستقراء ، طبع بيروت سنة ١٩٧٢ ص ١٥ .

(٣) ابن سينا : البرهان من كتاب الشفاء ، تحقيق د. عبد الرحمن بدوى ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ ، ص ١٥٨ ، ولهذا السبب بالذات يتضح أن أرسطو حط من قيمة الاستقراء ، ذلك أن العلم عنده هو العلم بالعلل الأولى والماهيات الثابتة ـ كما أشرنا ـ وأن المعرفة الحسية لا يمكن أن توصلنا إلى هذا اللون من العلم اليقينى الثابت . فى حين أن الطريق الذى اعتمده أرسطو للوصول إلى تلك المعرفة إنما هو الاستنباط الصحيح الذى تكون مقدماته كلية .

عن حقيقة جديدة ، وهو بعد ذلك منهج يراد به الإقناع ، إقناع من يختلف وإياك فى الرأى »(١) .

خامسا : يتضح من النقطة السابقة أن البحوث العلمية والفلسفية عند الإغريق اتجهت إلى دراسة الكون بظواهره وحوادثه طبقا للطريقة الاستدلالية والتأويل العقلى المجرد ـ الذى بلغ ذروته عند أرسطو ـ كما رأينا ـ الأمر الذى « أدى إلى بناء نظريات ومفاهيم عقلية لا تمت بصلة إلى النظام الواقعى للكون ، ولا تتطابق مع القوانين الطبيعية المستقلة عن النظريات الفلسفية المجردة »(٢) .

ولهذا فإن الاتجاه الفكرى عند اليونان يعتمد على الاستدلال المجرد ، « لأنهم يستنفذون وسعهم فى الاهتمام بالعلوم الصورية التى تستند إلى النظر العقلى المجرد ويستخفون بالتفكير العلمى التجريبى ومناهجه ، فأدى هذا إلى تدهور العلوم الطبيعية عندهم وتقدم العلوم النظرية الاستنباطية على نحو ما هو معروف »(٣) .

ولعل أكثر ما يوضح هذه النزعة فى الحط من قيمة البحث التجريبى ما أفاده اكسنوفان بقوله « إن الحرف التى تسمى فنونا آلية تحمل وصمة اجتماعية ، وتعتبر حقا أعمالا غير مشرفة فى مُدُننا »(٤) .

ولهذا مال الإغريق إلى وضع الطريقة الاستقرائية فى البحوث الطبيعية والعلم التجريبى فى مرتبة أقل أهمية من مرتبة الطريقة الاستدلالية ، واعتبار العلم الرياضى والمنطقى أكثر دقة ويقينا من العلم التجريبى (٥) .

---

(١) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ، ١٦٢/٢ .

(٢) چورج سارطون : تاريخ العلم ، ترجمة لفيف من العلماء طبع القاهرة ١٩٥٧ ، ٢٦٠/١ .

(٣) مجلة عالم الفكر ، المجلد الثالث ، العدد الرابع الكويت سنة ١٩٧٣ ، مقال الدكتور توفيق الطويل بعنوان « خصائص التفكير العلمى بين تراث العرب وتراث الغربيين ص ١٦٠ .

(٤) بنيامين فارنجتن : العلم الإغريقى .. ، ترجمة أحمد شاكر سالم طبع مصر ١٩٥٨ الجزء الأول ص ٣٢ .

(5) Crombie , A. C . , : Robert Grossetest and the origins of expermintal science, (Oxford 1961) P.6 .

المنهج العلمى من إبداع المسلمين :

نستخلص مما سبق أن المسلمين الذين خاضوا فى العلوم الإسلامية من الرعيل الأول ، والذين نشأت على أيديهم أصول المنهج العلمى ـ كما سوف نفصل القول فى ذلك ـ لم يخضعوا لوصاية الفكر اليونانى عامة ، والمنطق الأرسطى بمباحثه الاستدلالية والاستقرائية بصفة خاصة ، ولم يكن انطلاقهم العلمى إلا تجسيدا لتلك الروح الإسلامية التى حصنتهم بذاتية فكرية متكاملة .

فا بتدعوا منهجا للبحث التجريبى الاستقرائى ينصب على ملاحظة الظواهر الجزئية ، وإجراء التجارب عليها بغية تحديد سلوكها ، والكشف عن القانون العام الذى ترتبط بموجبه هذه الظواهر ، وبذلك ميز الإسلاميون بين الملاحظة والتجربة ، وفصلوا شروطهما باعتبارهما أولى الأسس التى ينهض بواسطتها الدليل الاستقرائى ، وهذا هو الطريق الذى بدأه الأصوليون فى منهجهم ، فمارسوا الاستقراء على أساس الظواهر الجزئية منتهين إلى صياغة الحكم الشرعى الكلى[١] .

وهذا يؤكد ابتعاد الأصوليين عن الأخذ بمنطق أرسطو وممارستهم لمنهج آخر انتهوا إليه من خلال استدلالاتهم العلمية ، والعلم الذى فصلت فيه الأدلة والمقاييس العلمية هو « القياس الأصولى » .

ولقد نشأت أوليات هذا المنهج فى العصر الإسلامى المتقدم لدى فقهاء الصحابة ، ومن هؤلاء أخذت القوانين التى يحتاج إليها فى استفادة الأحكام ، فابن عباس مثلا ، وضع فكرة الخاص والعام ، وذكر بعض الصحابة الآخرين « فكرة المفهوم »[٢] بل إن فكرة القياس ، وهى غاية الأصولى « لم توضع فى عصر النبى صلى الله عليه وسلم وفى عصر صحابته ،كقياس للأشباه بالنظائر وللأمثال بالأمثال فحسب ، بل وضع أيضا فى العصر الأول والعصر الثانى قواعد للقياس وشرائط للعلة »[٣] .

---

(١) د. النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ١٧٣ .

(٢) د. النشار : المصدر السابق ص ٣٥٦ .

(٣) المصدر السابق : ص ٦٨ .

يقول صاحب البحر المحيط « إن الصحابة تكلموا فى زمن النبى صلى الله عليه وسلم فى العلل »[1] .

ويؤكد ابن خلدون ممارسة الصحابة للاستدلال بالكتاب والسنة وفى منهج محدد فكانوا « يقيسون الأشباه بالأشباه منها ، ويناظرون الأمثال بالأمثال ، بإجماع منهم وتسليم بعضهم لبعض فى ذلك ، فإن كثيرا من الواقعات بعده صلوات الله وسلامه عليه لم تندرج فى النصوص الثابته ، فقاسوها بما ثبت وألحقوها بما نص عليه ، بشروط فى ذلك الإلحاق تصحح تلك المساواة بين الشبيهين أو المثلين ، حتى يغلب على الظن أن حكم الله تعالى فيها واحد ، وصار ذلك دليلا شرعيا بإجماعهم عليه ، وهو القياس »[2] .

ويرى الدكتور النشار : « أن المسلمين عندما بدأوا البحث فى مسائل الفكر المختلفة بدأوا البحث فى المسائل العملية قبل البحث فى المسائل الاعتقادية ، ونتج عن هذا أننا نستطيع أن نجد منهج البحث الإسلامى لدى علماء أصول الفقه قبل أن نجده لدى علماء أصول الدين المتكلمين »[3] .

فلقد تحدد المنهج فى العلوم الفقهية بعد أن « تعمقت بالتدريج طريقة فهم الحكم الشرعى من النصوص ، حتى أصبح استخراج الحكم من مصادره الشرعية عملا لا يخلوا عن دقة ويتطلب شيئا من العمق والخبرة ، فانصبت الجهود وتوافرت لاكتساب تلك الدقة ، التى أصبح فهم الحكم الشرعى من النص استنباطا من مصادره بحاجة إليها ، وبذلك نشأت بذور التفكير العلمى الفقهى ، وولد علم الفقه [4]، وارتفع علم الشريعة على مستوى علم الحديث إلى مستوى الاستنباط والاستدلال العلمى الدقيق »[5] .

---

(١) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٢) مقدمة ابن خلدون : تحقيق د. على عبد الواحد وافى ، طبع القاهرة ١٩٦٠ ، ٣ / ١٠٢٨ .

(٣) د. النشار : المصدر السابق ص ٦٤ .

(٤) يعرف علم أصول الفقه بأنه « مجموع طرق الفقه من حيث إنها على سبيل الإجمال ، وكيفية الاستدلال بها وحالة المستدل بها » .

الزركشى : البحر المحيط الجزء الأول ص ١٩ .

(٥) الصدر : الأسس المنطقية للاستقراء ص ٤٦ .

دور الإمام الشافعى فى صياغة أصول الفقه :

ويجمع مؤرخو علم الأصول « على أن أول محاولة لوضع مباحث الأصول كعلم إنما نجدها عند الشافعى (١٥٠ ـ ٢٠٤ هـ) فقد وجه الدراسات الفقهية إلى ناحية علمية ، ووضع نظاما محددا للاستنباط العلمى ، الذى لايعنى بالجزئيات والفروع ، بل كانت غايته ضبط الاستدلالات التفصيلية بأصول تجمعها »[١] .

ولهذا وازن الرازى بين الشافعى وأرسطو « فاعتبر نسبة الشافعى إلى علم الأصول كنسبة المعلم الأول إلى علم المنطق » [٢] .

وقد أورد الشافعى تلك القواعد الأصولية بكل حججها وبراهينها فى رسالته المشهورة ، التى رواها عنه تلميذه الربيع المراوى [٣] وهى رسالة حوت بين دفتيها كما يقول ابن حنبل فكر الشافعى كفيلسوف « فى اللغة واختلاف الناس والمعانى والفقه »[٤] حيث تكلم فيها عن فكرة الخاص والعام ، والناسخ والمنسوخ فى القرآن الكريم ، وأفاض عن الإجماع وإثبات القياس .« فقد أخذ ينقض بعض التعريفات من ناحية خروجها عن متابعة نظام متحد فى طريقة الاستنباط »[٥] .

وبنظرة فاحصة للأصول والقواعد التى تضمنها منهج الشافعى ، نجد أنها تمثل اتجاه العقل العلمى الذى لا يعنى بالجزئيات والفروع ، لكون تفكيره تفكير من ليس يهتم بالمسائل الجزئية والتفاريع ، بل كانت غايته ضبط الاستدلالات التفصيلية بأصول تجمعها[٦] .

---

(١) الشيخ مصطفى عبد الرازق : تمهيد لتاريخ الفلسفة الإسلامية طبع القاهرة ١٩٤٤ ص ٢٣٠ .

(٢) نفس المصدر : ص ٢٣٣ .

(٣) الرسالة للإمام الشافعى ، تحقيق وشرح أحمد محمود شاكر طبع القاهرة ١٩٤٠م .

(٤) الشيخ مصطفى عبد الرازق : تمهيد لتاريخ الفلسفة الإسلامية طبع القاهرة ١٩٤٤ ص ٢٣١ .

(٥) المصدر السابق : ص ٢٣٠ .

(٦) د. النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ٦٩ .

ولذلك نجده يأخذ بالدليل الاستقرائى فى مجال الأحكام ، عن طريق تجميع الأدلة والقرائن بالاستدلال علي القاعدة العامة فى الحكم الشرعى ، وذلك من حيث كون أن الإجماع الأصولى هو « اتفاق المجتهدين من هذه الأمة في عصر علي حكم شرعى »(١) .

فالإجماع هنا يمثل الدليل اللفظى الدال على الحكم الشرعى ، ومتى ما اجتمعت الأدلة حول نفس الحكم الذى نص عليه ذلك اللفظ المروى بالإجماع فعند ذلك يستدل على الحكم ، فالاستدلال على الحكم فى الإجماع يأتى لاحقا بعد تحقيق الإجماع عن طريق اجتماع قرائن كثيرة تشير إلى حكم واحد ، فالإجماع إذن يقوم على عدة قرائن مجتمعة لتأكيد حكم معين ، وهذا بطبيعته اتجاه استقرائى للتثبت من دلالة الحكم .

لذلك لعب القياس الأصولى ـ الذى وضع الشافعى أصوله وأركانه ـ دورا رئيسيا فى بلورة وتطوير الاتجاه العلمى فى مجال التشريع . إذ ينطوى القياس على مجموعة من العمليات الفكرية التى يمارسها المجتهد للاستدلال على الحكم ، وفى ذلك يقول الشافعى « كل ما نزل بمسلم فقيه حكم لازم ، وعلى سبيل الحق فيه دلالة موجودة .. حكم اتباعه ، وإذا لم يكن فيه بعينه (يقصد حكم لازم) طلب الدلالة على سبيل الحق فيه بالاجتهاد ، والاجتهاد القياسى »(٢) .

وقد حدد الشافعى ملامح المنهج فى تحقيق القياس الأصولى بقوله « كل حكم لله ولرسوله وجرت عليه دلالة فيه أو فى غيره من أحكام الله أو رسوله بأنه حكم به بمعنى من المعانى فنزلت نازلة ليس فيها نص حكم ، وحكم فيها حكم النازلة المحكوم فيها إذا كانت فى معناها »(٣) .

وبهذا المعنى يتضمن النص السابق مراحل المنهج الأصولى التالية :

١ـ بحث المجتهد عن واقعة منصوص على حكمها تشبه الواقعة التى لانص فيها .

---

(١) الشيخ محمد الخضرى : أصول الفقه طبع القاهرة سنة ١٩٦٥ ص ٢٤٩ .

(٢) الشافعى : الرسالة ص ٢٠٦ .

(٣) المصدر السابق : ص ٢٢٣ .

٢ـ بحثه بعد ذلك عن علة الحكم فى الواقعة المنصوص عليها .
٣ـ الرجوع للواقعة الجديدة للبحث عن وجود تلك العلة فيها .
٤ـ الحكم بتساويهما فى الحكم لمساواتهما فى العلة .

ولهذا فسر القياس « بأنه مساواة الفرع للأصل فى علة حكمه ، فأركانه أربعة ، الأصل والفرع وحكم الأصل والوصف الجامع أى (العلة) »[١] .

والأصل هو « حمل الحكم المشبه به كشرب الخمر ، وقيل هو دليل حكم المحل المشبه به كقوله تعالى { فاجتنبوه } والفرع هو محل الحكم المشبه كشرب النبيذ والوصف الجامع هو علة الحكم »[٢] . فالقياس بالمعنى المتقدم هو الاستدلال على إثبات حكم لشئ ؛ لوجود ذلك الحكم فى شئ مشابه له ، بوجود جامع بينهما ، ولهذا يصرح الشافعى بأن « صحيح القياس إذا قست الشئ بالشئ أن تحكم له بحكمه »[٣] ويقوم التبرير الذى يكتسب به الموضوع الجديد حكم الموضوع الذى قيس به ، على التعليل ، وهذا المنهج من الاستدلال على طبيعة الحكم ما هو إلا خطوة استقرائية ، يتحقق من خلالها منهج القياس لدى الأصوليين .

ومن هنا كانت العلة من أهم أركان القياس فعليها مدار تعدية الحكم من الأصل إلى الفرع . ولهذا أشبع الأصوليون مفهوم العلة بحثا وتحقيقا وفصلوا لأحكامها وشروطها ، وكيفية التعرف على طرقها . ومن الطبيعى أن تحتل العلة هذه المنزلة فى البحث لأنها مناط الحكم فى القياس . ولقد تنبه الأصوليون إلى أن الاستدلال على الحكم فى الواقعة الجديدة ينبع من طبيعة التعرف على العلة الحقيقية التى تجمع بين الأصل والفرع ، ولهذا جهدوا كثيرا لالتماس الوصف الجامع بين الموضوعين .

والحقيقة أن منهج البحث العلمى بمعناه الدقيق يبدأ بدراسة مدلول العلة

---

(١) التهانوى : كشاف اصطلاحات الفنون ، طبع بيروت جـ ٥ ص ١١٩٥ .
(٢) الشيخ الخضرى : المصدر السابق ص ٢٩٣ ويلاحظ ما أورده بصدد أركان وشروط القياس ص ٢٩٣ وما بعدها .
(٣) الشافعى : الرسالة ص ٢٢٨ .

وشروطها ، لدى الأصوليين ، وما وضعوا بهذا الموضوع من أسس وقواعد ، فكان لها الأثر البعيد فى المعرفة الإنسانية على صعيد مناهج البحث عموما . وسوف نبحث هذا المنهج فى ناحيتين :

الأولى : فى شروط العلة ، والثانية : فى طرق تحقيقها أو ما يعرف لدى الأصوليين بمسالك العلة وطرق التعرف عليها ، ليتضح لنا من خلال دراسة هاتين الناحيتين أهمية المنهج الذى سلكه علماء الأصول وقيمته على صعيد البحث العلمى .

الشروط المنطقية عند الأصوليين :

وتنحصر الشروط المنطقية عند الأصوليين فى أربعة أوصاف نستعرضها على النحو التالى :

الشرط الأول :

يقول صاحب البحر المحيط « أن تكون العلة مؤثرة فى الحكم لأن الحكم معلول لها ، فإن لم يكن لها ثمة تأثير فيه خرجت عن كونها علة »[1] ، والمقصود بالتأثير هنا كما يقول القاضى التقريب « بمعنى كون العلة مؤثرة فى الحكم هو أن يغلب على ظن المجتهد أن الحكم حاصل عند ثبوتها لأجلها دون سواها ، وقيل معناه ، أنها جالية للحكم ومقتضية له »[2] . وهذا يعنى أن العلة الحقيقية هى العلة التى توجب الحكم دون أن تشخص وبطريقة تغلب على الظن أن الموجب الحقيقى له هو تلك العلة ، كقول الباقلانى فى ذلك « هو أن يغلب على ظن المجتهد أن الحكم حاصل عند ثبوتها لأجلها دون شئ سواها »[3] .

وهنا يختلف المسلمون عن « مل » فالعلة عند « مل » ، لا يشترط فيها أن تكون مؤثرة وإنما هى المقدم غير المختلف وغير الشروط بمعنى أنه يكفى فى

---

(١) د. النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ١١٠ .

(٢) الشوكانى (محمد بن على بن محمد) : إرشاد الفحول إلى تحقيق الحق من علم الأصول ، الطبعة الاولى ، مصر ١٣٥٦ هـ ص ١٠٧ .

(٣) د. النشار : المصدر السابق ص ١١٠ .

إحداث المعلول أى فرض فى أى ظروف فرضت [1] « وإذا كان الأصوليون يبتعدون عن « مل » فى تعريف العلة ، فإنهم كانوا أقرب إلى مذهب « بيكون » إذ العلة عنده ليست مقدما فحسب ، ولكن هى مقوم الشىء نفسه » [2] .

الشرط الثانى :

أن تكون وصفا ضابطا ، بأن يكون تأثيرها لحكمة مقصودة للشارع لا لحكمة مجردة لخفائها ، فلا يظهر إلحاق غيرها بها » [3] ويوجب هذا أن تكون « ظاهرة جلية » [4] إذ إن وضوح العلة فى الأصل هو المبرر الذى يعتمده الأصولى فى نقل الحكم إلى الفرع ، وإلا تعذر شمول الفرع بحكم الأصل نتيجة لخفاء العلة وعدم تحديدها ، إن هذا التدبر العلمى لمفهوم العلة ـ كما يقول أستاذنا الدكتور النشار ـ لا نجد له مثيلا فى المنطق الحديث [5] .

الشرط الثالث:

أن تكون العلة مطردة « أى كلما وجدت وجد الحكم لتسلم من النقص والكسر ، فإن عارضها نقص أو كسر بطلت » [6] فالعلة هنا تدور مع الحكم وجودا فكلما وجدت العلة وجد الحكم ، وهذا شرط رئيسى فى البحث العلمى ، فقد تناول الرئيس ابن سينا فى شروط التجربة العلة الحقيقية عن طريق اطرادها . وهذا المعنى ذاته هو الذى مهد له فرنسيس بيكون فى منهجه الجديد بقائمة الحضور Table of presence [7] ، ثم جاء بعده جون ستيورات مل

(1) Mill J.S.., : Asystemof Logic (London 1973) P . 30 .

(٢) د. النشار : المصدر السابق ص ١١٠ .

(٣) الشوكانى : المصدر السابق ص ٢٠٧ .

(٤) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٥) النشار : المصدر السابق ١١١ .

(٦) المصدر السابق ص ١١١ .

(٧) د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة طبعة القاهرة بدون تاريخ ص ١٦٥ ، وقائمة الحضور ضمن القوائم الثلاث التى يحتويها منهجه فى الأرجانون الجديد ، وسوف نعرض لها تفصيلا عند الحديث عن منهج بيكون الاستقرائى .

فجعله من أول القواعد التى تبناها فى طرقه لتحقيق الفروض ، وهى طريقة الاتفاق أو التلازم فى الوقوع Method of Agreement [١]ـ التى سوف نعرض لها بالتفصيل عند تناول أبعاد المنهج الاستقرائى عند « مل » .

الشرط الرابع :

أن تكون العلة منعكسة « أى ينتفى الحكم بانتفاء العلة ، والمراد انتفاء العلم أو الظن به ، إذ لا يلزم من عدم الدليل عدم المدلول » [٢] .

وهذا يعنى أن العلة الحقيقية للحكم هى العلة التى يدورفيها الحكم ، فكلما اختلفت تلك العلة اختفى حكمها ، وهذا ما يميزها عن علل أخرى عرضية قد يوجد الحكم بوجودها إلا أنها لا تدور معه عدما ، وبذلك يمتنع تعليل الحكم بأكثر من علة ، ولهذا قالوا : « لا يلزم من عدم الدليل عدم المدلول » ، وسنجد أن هذا الدليل يأخذ به الشيخ الرئيس ابن سينا أيضا ، ويطبقه فى شروط التجربة لديه ، وهو يشبه ما أثبته بيكون فى قائمة الغياب فى منهجه العلمى ، حيث أخذه بعد ذلك « مل » وجعله الشرط الثانى من شروط تحقيق الفرض ، وهو طريقة الاختلاف أو التلازم فى التخلف Method of Difference [٣].

تلك هى شروط العلة لدى الأصوليين عرضناها بشئ من الإيجاز بالشرح والمقارنة ، وقد تبين من ذلك طبيعة وعمق المنهج الذى مارسه الأصوليون ، ولقد أتموا هذا المنهج فى الجانب الآخر من بحثهم عن طرق التعرف على العلة وبيان مسالكها، وفى هذا الجانب بالذات تتجلى أهمية الأصوليين ، ومكانتهم فى البحث العلمى .

---

(١) تنص طريقة الاتفاق على أنه إذا كان لحالتين أو أكثر لظاهرة قيد البحث ظرف واحد مشترك فقط ، فإن الظرف الذى تتفق فيه جميع الحالات هو العلة (أو المعلول للظاهرة) .
ينظر : Mill J.S., : Asystem of logic ,P.388 .
وأيضا : د. النشار : مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ص ١١١.

(٢) الشوكانى : المصدر السابق ص ٢٠٨ .

(٣) تنص طريقة الاختلاف على أنه « إذا وجدت حالة تحدث فيها الظاهرة قيد البحث وحالة لم =

وتنحصر مسالك العلة التى فصلها الأصوليون فى الطرق التالية :

أولا : السبر والتقسيم :

وهو فى اللغة الاختبار ، ومنه الميل الذى نختبر به الجرح ، فإنه يقال له المسبار ، وسمى هذا به لأن المناظر يقسم الصفات ، ويختبر كل واحدة منها ، هل تصلح للعلية أم لا ، وفى الاصطلاح هو قسمان : أحدهما أن يدور بين النفى والإثبات ، وهذا هو المنحصر ، والثانى أن لا يكون كذلك ، وهذا هو المنتشر ، فالأول أن تحصر الأوصاف التى يمكن التعليل بها للمقيس عليه . ثم اختبارها فى المقيس وإبطال مالا يصلح منها بدليله [1] . أو بمعنى آخر « هو حصر الأوصاف التى توجد فى الأصل ، والتى تصلح للعلية فى بادئ الرأى ، ثم إبطال مالا يصلح منها فيتعين الباقى للعلية » [2] .

وكثيراً ما يرتبط معنى السبر بالتجربة[3] . ولقد قصد الأصوليون من ذلك « حصر الأوصاف التى يمكن أن تكون علة للحكم ثم يحذف بعضها لقيام الدليل على عدم صلاحيته » [4] . فالعملية هنا هى ليست أكثر من عملية تصنيف وترتيب ثم حذف الأوصاف التى لا تشكل دليلا على العلة الحقيقة للحكم ، وبالتالى نخلص إلى التعرف على العلة بواسطة هذه العملية ، وهذا ما أجمع عليه قسم كبير من الأصوليين ، بأن هذه القاعدة تشمل مرحلتين ، الأولى فى الحصر ويمثلها التقسيم ، والثانى الإبطال ويمثلها السبر [5].

غير أن هناك من الأصوليين من شذ عن هذه القاعدة ـ كالإمام الجوينى فى

= تحدث ، واتفقت الحالتان فى كل شئ إلا فى شئ واحد فقط . كان الظروف الذى تختلف فيه الحالتان وحدة هو علة هذه الظاهرة » ،

Mill J.S., : Asustem of logic P. 391.

(١) الشوكانى : إرشاد الفحول ..ص ٢١٣ .

(٢) د. النشار : المصدر السابق ص ١١٤ .

(٣) ابن منظور : لسان العرب جـ ٤ ص ٣٤٠ .

(٤) الشيخ محمد الخضرى : أصول الفقه ص ٣٥٨ .

(٥) د. النشار : المصدر السابق ص ١١٤ .

البرهان ـ حيث اعتبر كلاً من السبر والتقسيم أو عملية الحصر والإبطال عملية واحدة [١].

غير أننا لسنا بحاجة هنا إلى بيان آراء علماء الأصول حول هذا المسلك لأن ذلك يخرج عن نطاق بحثنا .

ومما تجدر الإشارة إليه أن هذه القاعدة تبناها فرنسيس بيكون فى قوائمه الثلاثة المعروفة ، وهى طريقة الحذف Method of Elemination[٢] ثم جاء بعده « مل » فأشار إليها وأسماها طريقة البواقى Method of Residue[٣] ولقد استخدم المسلمون هذا المسلك فى بحوثهم العلمية وطبقوه فى مجالات بحوث الكيمياء والطبيعة على نحو ما سوف نرى .

ثانيا : الطرد والدوران :

الطرد هو « مقارنة الوصف للحكم فى الوجود دون العدم »[٤] وأما الدوران فهو « مقارنة الوصف للحكم وجودا وعدما »[٥] .

ففى الدوران يوجد الحكم فى جميع صور وجود الوصف وينعدم بانعدامه ، ولهذا أطلقوا عليه الطرد والعكس [٦] . ويضرب الأصوليون مثلا للدوران بالتحريم مع السكر ، فإن حرمة الخمر ناتجة عن كونه مسكرا ، فإذا ارتفع عنه الإسكار انتفى التحريم ، وهكذا دار التحريم مع الإسكار وجودا وعدما[٧] .

---

(١) نفس المصدر : الموضع نفسه .

(٢) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب : طبع بيروت سنة ١٩٧٢ م ص . ١١ ، وقائمة الحذف ضمنها بيكون الأجسام التى لا تظهر فيها الحرارة .

(3) Mill J.S,: OP . Cit . P. 397 .

ومؤدى هذه الطريقة عنده هو « إذا استبعد من أية ظاهرة ذلك الجزء المعروف بواسطة استقراءات سابقة بأنه المعلول لحوادث معينة سابقة فإن ما ينبغى من الظاهرة هو المعلول لهذه الحوادث الباقية » .

(٤) د. النشار : المصدر السابق ص ١١٧ .

(٥) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٦) التهانوى : كشاف اصطلاحات الفنون جـ ٢ ص ٤٦٩ .

(٧) المصدر السابق : الموضع نفسه .

ويعتبر الأصوليون الدورانات عين التجربة . وقد تكثر التجربة فتفيد القطع وقد لا تصل إلى ذلك : فقطع الرأس مستلزم قطعا للموت ونظنه مع السم . ويقول رضا الدين النيسابورى : « الدورانات الدالة على علّية المدار كثيرة جدا تفوت الإحصاء ؛ وذلك لأن جملة كثيرة من قواعد علم الطب إنما تثبت بالتجربة ، وهى الدوران بعينه . وذلك كالإسهال والسخونة والبرودة ، فإنها تدور مع تناول بعض الأدوية والأغذية ـ وجودا وعدما »[1] .

وقد اختلف الأصوليون فى قيمة الدوران ، فقد اعتبره بعضهم موصلا لليقين ، ومال آخرون إلى اعتباره يفيد الظن ، ويمثل القسم الأول أصوليو المعتزلة ، وقد قالوا بأن الدوران يؤدى إلى القطع بالعلّيّة ، كدوران الموت مع قطع الرأس ، ويمثل القسمَ الثانى أصوليو الأشاعرة ، وهم يرون بأن الدوران يؤدى إلى الظن مهما كثرت التجربة . ويعللون هذا بأن العلة لا توجب الحكم بذاتها . وهذا ما أثبته العلم الحديث ، حيث استعاض عن البحث فى العلل إلى البحث فيما يسمى بالعلاقات الوظيفية (الرياضية) بين الظواهر على نحو ما سوف نفصل القول فى ذلك فى أقسام البحث التالية .

وعموما فإن مسلك الدوران يشابه إلى حد كبير طريقة الجمع بين الاتفاق والاختلاف التى نادى بها « ملْ » فى العصر الحديث ، وهى القاعدة القائلة بأن العلة تدور مع معلولها وجودا وعدما[2] .

ثالثا : تنقيح المناط[3] :

اختلف الأصوليون حول مفهوم هذا المسلك فمنهم من وَحَّدَ بَيْنَه وبين السبر والتقسيم ومنهم من خلط بين الاثنين مع فارق بسيط .

---

(١) د. النشار : المصدر السابق ص ١٢٠ ـ ١٢١ .

(٢) تنص طريقة الجمع بين الاتفاق والاختلاف ، على أنه : إذا وجدت حالتان أو أكثر تحدث فيهما الظاهرة يتفقان فى أن لهما ظرف واحد مشتركا ، ووجدت حالتان أو أكثر لم تحدث فيهما هذه الظاهرة ، وليس لهما شئ مشترك إلا غياب ذلك الظرف فإن الظرف الذى يختلف فيه مجموعتان فى الحالات هو المعلول أو العلة لهذه الظاهرة ،
يلاحظ : Mill J.S., : OP. Cit . P. 392

(٣) تنقيح المناط : المقصود بالتنقيح فى اللغة هو التهذيب والتمييز والمناط هو العلة .

ويرى الدكتور النشار[1] : أن هذا المسلك يشبه الطريقة السلبية فى إثبات الفرض عند المحدثين ، وهى طريقة الحذف Method of Elimination - السابق الإشارة إليها .

يتضح لنا مما سبق أن المسلمين توصلوا بعبقرية نادرة إلى وضع أسس المنهج الاستقرائى فى أكمل صورة . حيث أرجعوا القياس الأصولى إلى نوع من الاستقراء العلمى الدقيق القائم على فكرتين أو قانونين[2] :

أولا : فكرة العلّيّة أو قانون العلّيّة Causality ويتلخص « فى أن لكل معلول علة » وقد فصلوا شروط العلة وحددوا مسلكها بطريقة دقيقة ، كان لها أكبر الأثر على مناطقة أوربا المحدثين .

ثانيا : قانون الاطراد فى وقوع الحوادث Uniformity of Nature وتفسيره أن العلة الواحدة إذا وجدت تحت ظروف متشابهة أنتجت معلولا متشابها ، أو بمعنى أدق أنه إذا كان الاستقراء يستطيع أن يصل إلى العلاقات الثابتة الشكلية ، أو إلى القانون الطبيعى فذلك لأنه يستند على اعتقاد أن حوادث الطبيعة متناسقة أو مطردة .

وقد أقام جون ستيوارت ملْ بعد ذلك استقراءه العلمى على هاتين الفكرتين ـ كما سنعرض لذلك مفصلا ـ هذا إلى جانب أن المسلمين لما أدركوا أن منهج الاستقراء لا ينهض بمفرده بمتطلبات البحث العلمى ، فقد استعانوا بالمنهج الرياضى فى تطوير أدوات البحث والوصول إلى الدقة القياسية فى التعبير عن نتائج التجربة ، لذلك سوف ننتقل إلى البحث عن أبعاد المنهج فى جانبه التطبيقى لدى علماء المسلمين ، وكيف أنهم تمكنوا من تطوير البحث التجريبى ، واكتشاف العديد من النظريات العلمية المتكاملة عندما قاموا بتطبيق المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى .

---

(١) د. النشار : المصدر السابق ص ١٢٦ .

(٢) د. النشار : المصدر السابق ١٠٣ وما بعدها .

الفصل الثالث

تطبيق المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى عند المسلمين

- الملاحظة العلمية
- التجربة العملية
- الفروض العلمية
- صياغة القانون العلمى

تطبيق المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى عند المسلمين

انتهينا إلى أن المنهج الاستقرائى نشأ فى أول الأمر فى دوائر الأصوليين ، ثم انتقل إلى مرحلة التطبيق عندما مارسهُ العلماء التجريبيون المسلمون .

وهذا يعنى أن بداية المنهج لدى علماء الأصول ، كانت نظرية خالصة وأن تطبيقه حصل بعد ذلك على أيدى علماء العلوم الأخرى .

وينبغى أن نوضح هنا أن المسألة ليست عملية انتقال منهج ومروره خلال مرحلتين ـ نظر وتطبيق ـ بقدر ماهى ظاهرة تطور لطبيعة المنهج ذاته ، يحكم تطبيقه على علوم مختلفة ، ولهذا سارت مناهج هذه العلوم جنبا إلى جنب ، وقد تتسع دائرة مراحل المنهج أو تضيق تبعا لطبيعة العلم الذى يسلك وفق ذلك المنهج . ولاشك أن العلماء التطبيقيين استعانوا بمراحل وطرق مناهج علماء الأصول بالقدر الذى يمس طبيعة علومهم ، ومن هنا تتضح العلاقة بين طبيعة الاتجاهين .

الاستقراء بين اللغة والمصطلح :

وقد أوضح المسلمون معنى الاستقراء وما تعنيه اللفظة فى مجاليها اللغوى والاصطلاحى .

فالاستقراء عندهم فى اللغة هو « مصدر الفعل المزيد استقرى يستقرى استقراء ، وهو مشتق من الفعل الثلاثى المجرد قرى يقرو قروا ، الذى يعنى التتبع لمعرفة حالة الشئ المقصود »(1) .

وواضح من النص أن الاستقراء بمعناه اللغوى هو دلالة الفحص والملاحظة لتحديد خصائص الشئ . ولهذا أشار ابن منظور إلى أن دلالة التتبع فى

---

(1) ابن دريد : جمهرة اللغة طبع حيدر أباد الدكن ١٣٤٥ هـ الجزء الثانى ص ٤١٠ .

الاستقراء تعنى التفحص لمعرفة خصائص الشئ ، ولهذا قال : « قرا الأرض قروا واقتراها وتقراها واستقراها يتبعها أرضا أرضا وسار فيها ينظر حالها وأمرها »[١] وينقل أيضا عن اللحيانى ما يدلل أن الاستقراء هو ظاهرة تتبع أجزاء الشئ بقوله : « قروت الأرض ، سرت فيها ، وهو أن تمر بالمكان ثم تجوزه إلى غيره ، ثم إلى موضع آخر . وقروت بنى فلان واقتريتهم واستقريتهم ، مررت بهم واحدا واحدا »[٢] .

وهكذا تشير اللفظة فى مدلولها اللغوى إلى أن الاستقراء هو تتبع الشئ لتحديد خواصه ضمن مفهوم أعمال الحس والحواس فى هذا التتبع .

أما الاستقراء فى الاصطلاح لدى الإسلاميين ، فهو استدلال على حكم كلى من خلال تفحص معظم جزئيات ذلك الكلى ، ولقد درج فى الاصطلاح المنطقى على تقسيم الاستقراء إلى نوعين : تام وناقص ، فالتام هو الذى يشمل التتبع فى جميع أنواع الجزئيات المندرجة تحت ذلك الكلى وهذا يفيد اليقين ، وأما الناقص فهو الاستقراء الذى يقتصر التقصى فيه على معظم جزئياته ، وهذا يفيد الظن ، قال الجرجانى فى التعريفات « الاستقراء هو الحكم على كلى لوجوده فى أكثر جزئياته ، وإنما قال فى أكثر جزئياته ؛ لأن الحكم لو كان فى جميع جزئياته لم يكن استقراءً - بل قياسا مقسما ويسمى هذا استقراء ، لأن مقدماته لا تحصل إلا بتتبع الجزئيات كقولنا : كل حيوان محرك فكه الأسفل عند المضغ ؛ لأن الإنسان والبهائم والسباع كذلك وهو استقراء ناقص لا يفيد اليقين ، لجواز وجود جزئى لم يستقرأ ويكون حكمه مخالفا لما تستقرئ ، كالتمساح فإنه يحرك فكه الأعلى عند المضغ »[٣] .

والاستقراء بهذا المعنى الشامل الذى أوردناه يَحتوى على كلا النوعين ، التام والناقص . ويعبر عن فهم كامل لطبيعة منهج الاستقراء عند أرسطو ، فقد أراد بالاستقراء - كما أشرنا - هو « الكل انستدلال يقوم على أساس تعداد

(١) ابن المنظور : لسان العرب ، طبع بيروت سنة ١٩٥٦ م جـ ١٥ ص ١٧٥ .
(٢) المصدر السابق : نفس الموضع ، وأيضا الزبيدى : تاج العروس طبع مصر سنة ١٣٠٦ هـ جـ ١٠ ص ٢٩٠ .
(٣) على بن محمد الشريف الجرجانى : كتاب التعريفات طبع بيروت سنة ١٩٦٩ ص ١٨ .

الحالات والأفراد . وعلى هذا الأساس قسم الاستقراء إلى كامل وناقص ، لأن تعداد الحالات والأفراد وفحصها إذا كان مستوعبا لكل الحالات والأفراد ، والتى تشملها النتيجة المستدلة بالاستقراء ، فالاستقراء كامل ، وإذا لم يشمل الفحص لتعداد الأعداد محددا منها فالاستقراء ناقص »[1] .

وقد أثارت مشكلة الاستقراء الكامل عند أرسطو مناقشات عديدة سجلت عدة مؤاخذات على هذا النوع من الاستقراء ـ لا مجال إلى الخوض فى تفاصيلها هنا ، وقد أوضحنا جانبا منها فيما سبق ـ واتضح منها أن الاستقراء هو عملية عكسية للاستنباط ، وأن الاستقراء الأرسطى هو الانتقال من الجزئيات إلى الكليات أو من الخاص إلى العام[2]. أو هو تبين « الكلى من قبل ظهور الجزئى »[3] كما يعبر أرسطو عن ذلك ومن هنا تأتى النتيجة فيه أكثر من المقدمات ، فى حين أن الاستقراء الكامل لا يسير من الخاص إلى العام إنه استدلال من المقدمات ، وأن ليس بالنتيجة غير ما قررته المقدمات من قبل فهو تحصيل حاصل ومصادرة على المطلوب ، وهو الاستنباط بعينه ، وبناء على وجود هذه الظاهرة سجلت على استقراء أرسطو التام ملاحظات كثيرة لم تتفق مع هذا النوع من الاستقراء[4] .

ولسنا هنا بصدد التعرف على فجوات هذا الاستقراء لدى أرسطو بقدر ما يعنينا أن نوضح أن الاستقراء الذى نقصده هو هذا النوع منه ، أى الاستقراء الناقص « وهو الاستقراء المنتج القائم على التعميم ، من حيث كونه الوسيلة الوحيدة التى تمكننا من كشف الحقائق فى مختلف العلوم التى تدرس الظواهر الخارجية »[5] ، فهو منهج يصطنع الملاحظة والتجربة لصياغة القوانين العلمية بغرض تفسير الظواهر . وإن المنهج العلمى لدى الإسلاميين ، اتخذ من الدليل

---

(١) الصدر : الأسس المنطقية للاستقراء ص ١٤ .

(2) Encyclopedia Britannica (London 1969) Vol . 12 P. 273 Ross, W.D . : Aristotle Metaphisics (everymans Liberary) N. Y 1959 P . 42.

(٣) منطق أرسطو : تحقيق د. عبد الرحمن بدوى ، طبع القاهرة ١٩٤٩ ٢/٣١ .

(٤) ينظر على سبيل المثال لا الحصر ، الصدر : المصدر السابق ص ١٧ ـ ٢٥.
وأيضا د. محمود زيدان ، المصدر السابق ص ٢٨ ـ ٣٣.

(٥) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٦٣ .

الاستقرائى معيار التثبت من طبيعة الأحكام فى العلوم المختلفة .

مراحل الدليل الاستقرائى (عند علماء المسلمين) :

يعرف الدليل الاستقرائى بأنه هو الدليل الذى « يبدأ دائما بملاحظة عدد من الحالات أو خلقها بوسائل التجربة التى يملكها الإنسان ، ويبنى على أساسها النتيجة العامة ، التى توصى بها تلك الملاحظات أو التجارب »[1] .

وهذا النص يلخص بمنهجية دقيقة مراحل الدليل الاستقرائى التى تحتوى على « تصنيف الملاحظات والتجارب ، وترتيبها على نحو يسمح بوضع أحد الفروض ، وأن هذا الفرض وليد عملية التعميم وأنه يصبح قانونا بعد التحقق من صدقه بملاحظات وتجارب جديدة »[2] .

فكأن المنهج ينحصر فى « الصعود من مجال التجربة إلى عالم العقل أى عالم الصيغ والمعادلات ، ثم نعود فنهبط إلى عالم الواقع لكن نضمن الصلة بين المعقول والواقع »[3] .

وقد تدبر الإسلاميون طبيعة هذا المنهج العلمى واستطاعوا ممارسة مراحله بطريقة منهجية ، فقد تنبهوا إلى دور الاستقراء وأهميته فى البحث العلمي ، الأمر الذى يعطى للظاهرة تفسيرها الحقيقى ، وبالتالى وضع القانون الذى تسلك على مقتضاه تلك الظاهرة ، ولقد اتخذ هؤلاء العلماء من مرحلتى الملاحظة والتجربة فى استنتاجاتهم العلمية أساسا للأحكام والقوانين ، ولهذا وضعوا لها شروطا ، ورتبوا عليها أحكاما ؛ لإعطاء منهج الاستقراء كامل مواصفاته العلمية ، وكانت مرحلة الفروض من المراحل العلمية التى أولاها المسلمون الكثير من الاهتمام بحيث وجهوا هذه المرحلة بأسلوب علمى دقيق .

وقد أدرك المسلمون إلى جانب ذلك أنه لكى تكتسب هذه المراحل المنهجية فى الاستقراء الدقة العلمية المطلوبة « كان لابد من الاستعانة بالمنهج الرياضى

---

(١) الصدر : المصدر السابق ص١٣ .

(٢) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٦٧ .

(٣) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢١٩/١ .

فى تأكيد ما يتوصل إليه من نتائج .فاستخدموا لغة الرمز والقياس فى صياغة النتائج العلميـة ، فحققوا بذلك سبقا علميا سـجلوا من خلاله بداية صحيحة للعلم . فلم يقفوا عند حـد تكديس الملاحظـات والمشـاهدات العلمية ، وإنما استخدموا القياس ولغة العلم الرياضى فى التعبير عن ملاحظاتهم ، وتجاربهم وفروضهم العلمية ، وتمكنوا من صياغة القانون العلمى صياغة دقيقة ، فحققوا بذلك نتائج مهمة على صعيد البحث العلمى .

وسوف نعالج فى هذا المجـال خصائص ومميزات المنهج من خلال تلك المراحل ، وكيف أنهم طبقوا المنهج الرياضى على مراحل الدليل الاستقرائى بصورة توضح سبقهم لما قرره المنهج العلمى الحديث .

ا ـ الملاحظة العلمية

تمثلت الملاحظة لدى الإسلاميين بمظهرين ، يمثل المظهر الأول تحديد معنى الملاحظة العلمية وشروطها ومواصفاتها ، ويتمثل المظهر الثانى فى ممارسة تلك الملاحظـات فى أبحاثهم العلميـة المختلفة وتقرير النتائج فى صـورة رياضية دقيقة .

ومن خلال طبيعة الملاحظة وخصائصها فى البحث العلمى نستطيع أن نصنف تلك الخصائص والشروط فى النقاط التالية :

أولا : يمكننـا التفرقـة تبعـا لتنوع البحث فى الموضـوعات المختـلفة بين نوعين من الملاحظة العلمية ، وهما ملاحظة الكيف Quality وملاحظة الكم Quantity ويستخدم النوع الأول فى « العلوم التى تهدف إلى تصنيف الأشياء إلى أجناس وأنواع وفصائل كعلوم الحيوان والنبات إلخ ، أما ملاحظة الكم فيراد بها معرفة العلاقات بين العناصر التى تتألف منها ظاهرة معينة ، والملاحظات الفلكية والكيميائية والطبيعية من هذا النوع الثانى[1] .

ثانيا : يحرص العلماء على أن تكون ملاحظتهم غاية فى الدقة ، حتى تكون موضوعية . « والدليل على هذا الحرص : أن العلماء يحاولون التعبير

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٩٩.

دائما عن ملاحظاتهم بأرقام أو رسوم بيانية مضبوطة ، حتى يستطيع غيرهم التأكد من صحتها »[1] ولذا نرى أن العلوم الطبيعية تستخدم « الرياضة فى التعبير عن الحقائق التى يهتدى إليها بالملاحظة .

ثالثا : ومعنى هذا أن يقوم الملاحظ بتحويل الحقائق الواقعية إلى أفكار عقلية مجردة ، حتى يتسنى لنا إدراكها « إذ أن كل واقعة نحيلها نحن إلى فكرة ؛ لأننا لا نستطيع أن ندركها إلا على هذا الأساس »[2] .

رابعا : يجب فى الملاحظة تعيين ظاهرة أو حالة تخضع للملاحظة المستمرة دون الاهتمام بحالات أخرى لا علاقة لها بالظاهرة المدروسة ، ومن فوائد التركيز على ظاهرة واحدة ورصدها باستمرار توفير جهد الباحث ووصوله إلى نتائج دقيقة عن الظاهرة قيد البحث ، ولهذا « يشترط فى الملاحظة أن تكون مقصودة ومقصورة على موضوع أو حالة يراد بحثها ، إذ لا يمكن أن تكون مراقبة الباحث للظواهر عشوائية لا هدف لها »[3] .

خامسا : يجب أن تكون الملاحظة نزيهة أو موضوعية بمعنى أنه يجب على الملاحظ ألا يتأثر بأية معانى سابقة ، ولا بأى اتجاه آخر غير الظاهرة التى أمامه [4] .

سادسا : فى كثير من الأحيان تحتاج الملاحظة العلمية إلى استخدام الآلات الدقيقة ؛ لأن العلماء لا يستطيعون الوقوف بحواسهم المجردة على جميع خصائص الأشياء أو عناصرها ، « فلابد إذن من استخدام هذه الآلات العلمية لسد النقص الطبيعى فى حواسهم »[5] .

---

(١) المصدر السابق : ص ٩٨ وأيضا بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢٢٢/١ .

(٢) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١٤٢.

٤) د. ياسين خليل : منطق البحث العلمى ، طبع بيروت سنة ١٩٧٤ ص ١٣٠ .

(٤) د. عبد الرحمن بدوى : المصدر السابق ص ١٤٠ .

وايضا : د. محمد السيد الجليند : نظرية المنطق بين فلاسفة الإسلام واليونان طبع القاهرة سنة ١٩٨٥ ، ص ١٢٩ ومابعدها .

(٥) د. محمود قاسم : المصدر السابق ص ٩٩ .

غير أن ذلك ليس هو الأمر الأساسى وحده ـ فى نظر بول موى ـ « إذ إن هـذه الآلات إذا كانت تزيد من قـدرة حواسـنا ، فإنهـا لا تغيرهـا ، والمنهـج هو اختراع الطرق الفنية للقياس ، الذى تطـور فأصبح علما للقياس Metrology »[1] وهو ما يعرف بقياس الظاهرة فى العلم الحديث .

تلك هى خصائص وشروط الملاحظة فى منهج الاستقراء ؛ لكى يؤدى المنهج أفضل النتائج التى يتوخاها الباحث . ولقد تدبر العلماء المسلمون تلك الخصائص ونبهوا عليها ومارسوها فعلا فى بحوثهم ، حيث أكدوا على ضرورة الملاحظة لتحديد خواص الأشياء وصفاتها قبل عرضها على التجربة يقول جابر ابن حيان « ولا تجربن منها شيئا (يقصد التجربة) حتى تستقصى درسها وتجمع فصولها ، ويتخيل لك ما ذكرناه فيها . أمر ذو نظام وتدبير وترتيب إما بطريق الميزان أو بطريق التدبير »[2] .

فكأن جابراً هنا يؤكد على ضرورة الإحاطة التامة بالشىء وخواصه فإذا تأكدت كامل صفاته وخصائصه ، فعند ذلك يعرض للتدبير والتجربة واستخدام الميزان فى وزن الكميات ، لا الطبائع والكيفيات وهذا يعتبر تأكيدا تاما على ممارسة الملاحظة الكيفية والكمية معا فى معرفة خواص الأشياء .

ومنهج جابر العلمى فى جملته يسير وفق خطوات « تطابق ما يتفق عليه معظم المشتغلين بالمنهج العلمى اليوم »[3] ، فهو منهج استقرائى استنباطى يقول عنه جابر بنفسه « .. قد عملته بيدى وبعقلى من قبل ، وبحثت عنه حتى صح وامتحنته فما كذب »[4] .

لذلك أدرك جابر أن عالم الكيمياء لا يستطيع الإحاطة بكل الظواهر

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢٢٢/١.

(٢) جابربن حيان : مجموع الرسائل ، نشربول كراوس طبع القاهرة ١٣٥٤ هـ (كتاب القديم) ص ٥٤٩ ومابعدها . ويلاحظ أن جابرا استخدم لفظ « التدبير » هنا للتعبير عن مضمون « التجربة » .

(٣) د. زكى نجيب محمود : جابر بن حيان القاهرة ١٩٦١ ص ٥٨ .

(٤) كتاب الخواص الكبير : جابر بن حيان (مختارات بول كراوس طبع القاهرة ١٩٥٤ المقالة الثانية والثلاثون ص ٣٢٢) .

والملاحظات والشواهد فى إدراك الأسباب الطبيعية للمواد بقوله « إن الإحاطة بآثار الموجودات بعضها فى بعض ، وكليات ما فيها أمر غير ممكن لأحد من الناس »[1] « وذلك لكون المعرفة الإنسانية محدودة ومن ثم كان احتياج الناس إلى علم الميزان ؛ لأنه استدراك أكثر ما يمكن للإنسان الإحاطة بمثله »[2] .

وهذا الأمر يعد بحق غاية فى الدقة المنهجية ، والالتفات الواعى ضرورة الاهتمام بالمتغيرات التى تؤثر فى نتائج الظاهرة أو تحدثها[3] ، ذلك لأن الإلمام بكيفيات الطبائع المكونة للشىء المراد تحويله أمر غير مستطاع ، ولذلك كان وزن الطبائع أى معرفتها كمًّا ـ وذلك بوزن أجسامها هو الطريق الموصل إلى معرفتها عن طريق التقليل والزيادة .

وهذا هو لب البحث الذى يتجه إلى إحلال النسب الكمية محل الخواص الكيفية فى ملاحظة الظواهر الطبيعية . وسوف نعرض بالتفصيل لنظرية الميزان ـ عند جابر ـ عند الحديث عن التجربة العملية .

وفى مجال الطب تتجلى الملاحظة العملية بكامل مواصفاتها ، على اعتبار أنها مرحلة أساسية فى البحث العلمى لاكتشاف خصائص وأسباب الظواهر .

يقول الطبيب أبو الحسن الطبرى « إن الدلائل على الأمراض الباطنية سبع ، الأول منها من المنظر ، كما تدل صفرة اللون وبياض الشفة ، وورم القدم على برد الكبد ، وكما يدل سواد اللون وبياض الشفة على ورم الطحال ، وتدل حمرة الوجه مع الحمى الحارة على ورم الرئة ، وتدل صفرة اللون والعين على البرقان »[4] . ثم يواصل سرد بقية الدلائل ومايترتب عليها من أعْراض لتشخيص نوع المرض . ومن هنا اعتبر (المنظر) أو الشكل الخارجى أول مراحل الاستدلال فى تشخيص طبيعة المرض .

---

(١) جابر بن حيان : كتاب البحث (مخطوط بدار الكتب المصرية تحت رقم ٢٦٨١) . نسخ سنة ١٩٤٠ . عن نسخة الأستانة ص ١٥ .

(٢) المرجع السابق : ص ٦٣ .

(٣) مصطفى لبيب عبد الغنى : الكيمياء عن العرب طبع القاهرة سنة ١٩٦٧ ص ٢٨ .

(٤) ابو الحسن بن سهل الطبرى : فردوس الحكمة فى الطب طبع برلين سنة ١٩٢٨ ص ١٢٧ .

ويدعم هذا الاتجاه فى الملاحظة الرازى (أبو بكر محمد بن زكريا) (٢٥١ ـ ٣١٣ هـ) الذى شدد على وجوب استخدام النظر (الملاحظة) فى الصنعة الطبية ، وليس لأحد أن يدعى إتقان تلك الصنعة إلا عن طريق المنهج الصحيح ، يقول « لا تظن بأمى ولا عامى لا دربة معه بالقياس والنظر حذقا بالصناعة الطبية ، ولا عمل صواب ـ إن كان منه ـ إلا على حسن الاتفاق »[١]

ولقد انصب عمل الرازى فى الطب على اتخاذ الملاحظة المباشرة لمرضاه ، ورصد النتائج التى يحصل عليها من جراء تلك الملاحظة ، وأودع نتائج تلك الملاحظات فى موسوعته الطبية « الحاوى » الذى يدلل على هذا الجانب فى هذه الصناعة ، يقول الدكتور الطويل « فإن إمام الطب العربى أبا بكر الرازى ، جالينوس العرب ـ فيما كان يسمى ـ قد أنشأ موسوعته الطبية « الحاوى » ، مستندا إلى ملاحظاته الدقيقة لمرضاه ، وهم على أسرة المستشفى ، وهو يتتبع سير أمراضهم ، ويرصد نتائج علاجه لهم ، ويسجل ذلك فى « الحاوى » بل كانت رسالته عن الجدرى والحصبة أول ماكتب فى هذا الباب ، وكانت بدورها مبنية على ملاحظات سريرية (إكلينكية) وقد ترجمت إلى عدة لغات »[٢] ويشير ول ديورانت إلى طبيعة نتائج ملاحظاته فى رسالته فى الجدرى والحصبة بأنها « آية فى الملاحظة والتحليل الدقيق »[٣] .

ومن هنا استطاع الرازى أن يتوصل إلى تفسير دقيق لأعراض عدة أمراض من خلال تدبره لطبيعة الملاحظة ، ولقد خلص إلى علامات الجدرى والحصبة بأنها « حمى لازمة وتفزع فى النوم ، وحمرة وحكة فى الأنف ، ووجع الظهر بشدة ، والتثاؤب والتمطى الدائم ، واشتعال اللون »[٤] .

وفى مواضع أخرى يصف أعراض الحميات بقوله « إن بعضها يكون عن

---

(١) الرازى : كتاب المرشد أو الفصول ، تحقيق البيرزكى اسكندر طبع مصر سنة ١٩٦١ ص ١١٨ .

(٢) د. توفيق الطويل : مجلة عالم الفكر ، المجلد الثالث ، العدد الرابع ص ١٦٣ .

(٣) ولد ديوارانت : قصة الحضارة ، ترجمة محمد بدران ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٦ ص ١٣ / ١٩١ .

(٤) أبو بكر الرازى : الحاوى فى الطب ، طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٩٥٥ . ١٧ / ٦ .

ورم وبعضها يكون بغير ورم »[1] ، ولكنه يعلق على ذلك بقوله « هذا تحقيق رأينـا منه أنا قسمنا الحميـات إلـى خمسين فقلنا الحميات إما مرض ، وإما عرض »[2] .

ويعلق الدكتور محمد كامل حسين على ذلك التقسيم بقوله « إن هذا التقسيم ـ الذى أورده الرازى ـ هو ما يقال به الآن من حيث كون ارتفاع حرارة الجسم البشرى إما أن يكون سببها مرضا أصيلا نتيجة الإصابة بميكروب أو ڤيروس معين ، وإما أن يكون عرضا لمرض آخر ، يكون ارتفاع درجة الحرارة فيه علامة على مقاومة الجسم لهذا المرض »[3] .

كذلك استطاع ابن سينا (٣٧١ ـ ٤٢٨ هـ) أن يؤكد على أهمية الملاحظة إلى منهجه العلمى من خلال ملاحظاته المباشرة لمرضاه ، ورصد نتائج هذه الملاحظات فى موسوعته الطبية الشهيرة « القانون » ، الذى جمع فيه بين أسلوب الفلسفة وحقائق الطب .

وهو يرى أن الطبيب الماهر الذى يستطيع أن يبتكر أساليب « تهدى إليها المشاهدة »[4] فى ملاحظة أعراض المرض وظواهره . ويؤكد على أن الملاحظة لكى تكون هادفة لا بد وأن تنصب على حالة محددة ، ثم تستمر لكى يستخلص منها النتيجة الصحيحة لتفسير أسبابها[5] ، كما أن صياغة القانون الكلى فى علاج الأمراض والمعالجة لا يمكن أن يتم إلا بعد تفحص الأحكام الجزئية للدلالة على ذلك القانون [6] .

أما فى مجال الفلك فإن الملاحظة العلمية تتجلى بشقيها الكمى والكيفى لدى المسلمين على أدق مايتصور ، فقد عرف « المسلمون ضرورة جمع المعلومات بالمشاهدة ، ولكنهم أدركوا فى الوقت ذاته ضرورة الاستعانة بأجهزة

---

(١) الفصول : مجلة معهد المخطوطات العربية ، المجلد السابع ٨٤/١ .
(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .
(٣) د. محمد كامل حسين : الموجز فى تاريخ الطب والصيدلة عند العرب (طبع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم « بدون تاريخ ») ص ١٨ .
(٤) ابن سينا : القانون فى الطب ، طبعة بولاق الجزء الأول ص ٢١٧ .
(٥) المصدر السابق ص ١٦٧ .
(٦) المصدر السابق ص ٢ .

مساعدة فى الكشف عن حركات الكواكب ، والظواهر الفلكية ، فبنوا المراصد وحسنوا الاصطرلاب ، وجمعوا المعلومات الفلكية المختلفة عن الكون الذى يحيط بهم »[1] .

وعلى ذلك فقد كان استخدام المسلمين للأجهزة العلمية فى رصد الظواهر الفلكية من الأمور التى مكنتهم من الوصول إلى أدق الملاحظات ، كما كان لاستعانتهم بالقياسات الرياضية أكبر الأثر فى تحقيق نتائج دقيقة فى هذا الجانب ، مما يعد فتحا رائعا فى مسار علم الفلك ، « فقد كان لهم فى مجال علم الفلك رصدات وقياسات كثيرة ، واستطاعوا الربط بينه وبين العلوم الرياضية »[2] وقد تمكنوا من رصد أجرام الشمس والقمر والكواكب وعبروا عن نتائج رصدهم وملاحظتهم بطرق هندسية حسابية .

فقد أفرد البيرونى (٣٦٢ - ٤٤٠ هـ) بابا خاصا من المقالة الرابعة من « القانون المسعودى » لتعيين خط نصف النهار (اتجاه الشمال والجنوب) ، وذلك لأن الأرصاد الفلكية وما يتصل بها من تحديد الأوقات وتعيين اتجاهات أماكن العبادة ، تعتمد فى معرفة الجهات الأصلية سبع طرق مختلفة [3] لكيفية تعين اتجاه الشمال والجنوب ، نورد بعضها على سبيل المثـال لا الحصر[4] ، لنبين مدى استخدام حساب المثلثات فى تأصيل الملاحظة الفلكية وعمليات الرصد بأسلوب رياضى دقيق :

الطريقة الأولى :

استخدام حساب المثلثات لمعرفة طول الظـل عند الظهر تماما .. ثم ترسم دائرة حول العصا نصف قطرها مساو لهذا الطـول . ثم يراقب الظل إلى

---

(١) د. ياسمين خليل : منطق المعرفة العلمية ص ٦١ .

(٢) كتاب أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية طبع مصر ١٩٧٠ ، الفصل الثالث (فى العلوم الطبيعية للدكتور عبد الحليم منتصر) ص ٢٢٤ .

(٣) البيرونى (أبو الريحان): القانون المسعودى ، طبع حيدر اباد الدكن ١٩٥٤ ص ٣٦٢ وما بعدها .

(٤) د. إمام إبراهيم أحمد ، د. جمال الدين الفندى : البيرونى طبع مصر ١٩٦٨م ص ١١٧ وأيضا على أحمد الشحات : أبو الريحان البيرونى طبع مصر بدون تاريخ ص ١٩ وما بعدها .

اللحظة التى يمس فيها طرفه محيط الدائرة فتكون هى لحظة الظهر ، ويكون اتجاه الظل هو الاتجاه المطلوب .

الطريقة الثانية :

تعتمد على اختيار ارتفاع معين للشمس ثم يعمل حسابات لطول الظل واتجاهه بالنسبة لخط الشمال والجنوب ، عندما تبلغ الشمس ذلك الارتفاع . ثم نرصد بصفة مستمرة حتى تبلغ ذلك الارتفاع ، وحينئذ نرسم اتجاه الظل ، ومنه نعرف الشمال والجنوب .

الطريقة الثالثة :

وهى أن تخط دائرة حول العصا نصف قطرها مساو نصف طول العصا ، وسبب اختيار هذا الطول هو أن طرف الظل يدخل ويخرج من الدائرة كل يوم على مدار السنة . ثم تحدد على محيط الدائرة نقطة دخول طرف الظل فى الصباح وخروجه بعد الظهر ، فيكون قطر الدائرة المتوسط بينهما هو اتجاه الشمال والجنوب ، والسبب فى ذلك أن طولى الظل فى الصباح وبعد الظهر يكونان متساويين إذا تساوى ارتفاع الشمس فى هاتين اللحظتين ... ومعنى ذلك أن بعديهما عن اتجاه الشمال والجنوب متساويان فيكون الاتجاه المطلوب إذن وسطا بينهما .

وقد أثبت البيرونى أولا أن نصف قطر الدائرة يمكن تغييره ، بحيث لا يقل عن طول العصا × ظ (ع+ م) حيث (ع) عرض المكان ، (م) الزاوية بين مسار الأرض حول الشمس ومستوى خط الاستواء .

ولم يقف الأمر عند هذا الحد فقد امتدت أرصاد وملاحظات البيرونى العلمية بأسلوب رياضى ليشمل قياس طول السنة ، وسير القمر ، وتعيين الوقت وحركة أوج الشمس [١]، وشرح مشاهدات ظواهر المد والجزر ، وكسوف

---

(١) يعرف أوج الشمس بأنه هو أبعد المواقع السنوية بين الشمس والأرض (على أحمد الشحات) : المصدر السابق ص ١١٢ (ومابعدها) .

الشمس وخسوف القمر والفرق بينها .. إلخ وسنعرض لذلك مفصلا عند الحديث عن أثر العلم الرياضى فى تطوير مباحث علم الفلك .

وقد ابتكر البيرونى من الأجهزة ما يساعده على تدقيق ملاحظاته فاخترع الاصطرلاب الاسطوانى [1] الذى استخدمه فى رصد الكواكب والنجوم وتحديد أبعاد الأجسام البعيدة عن سطح الأرض .

وفى ذلك يقول چورج سارطون « لم يكن البيرونى كاتبا عظيما ، طرق موضوع الآلات المستعملة فحسب ، بل كان مبتكرا للكثير من الآلات أيضا ، وقد تناول هذه الآلات فى رسائله الكثيرة ، وفى كتابه « التفهيم لأوائل صناعة التنجيم »[2] .

ولمزيد من الدقة دَوَنَ البيرونى ملاحظاته فى جداوله الفلكية المعروفة بالأزياج « وهى صناعة حسابية على قوانين عددية فيما يخص كل كوكب من طرق حركته ، وماأدى إلى برهان الهيئة فى وضعه من سرعة وبطء ، واستقامة ورجوع وغير ذلك يعرف به مواضع الكواكب فى أفلاكها لأى وقت فرض من قبل حسبان حركاتها ، على تلك القوانين المستخرجة من كتب الهيئة . ولهذه الصياغة قوانين فى معرفة الشهور والأيام والتواريخ الماضية وأصول متقررة فى معرفة الأوج والحصيص والميول وأصناف الحركات ، واستخراج بعضها من بعض ، يضعونها فى جداول مرتبة تسهيلا على المتعلمين وتسمـــــى الأزياج » [3].

وعلى ذلك فالأزياج تمثل القوانين الفلكية المختلفة ، التى تصاغ فى لغة الرموز العددية الرياضية للتعبير عن نتائج الأرصاد والقياسات الفلكية ، وهى لذلك تعد صيغة حقيقية مختصرة لكافة النتائج ، التى يتوصل إليها عن طريق

---

(١) الاسطرلاب فى أصلها كلمة يونانية (الاسطرلابون) و « سطر » هو النجم و « الابون » هوالمرآة .
(قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك طبع دار الشروق بدون تاريخ ص ١٣٤) .
(2) Sarton , G. : Introduction to the history of science (washington 1950) Vol . II P. 37 .

(٣) مقدمة ابن خلدون : طبع مصر سنة ١٩٦٠ ص ٣٨٧ .

المشاهدات والملاحظات الفلكية .

وهذا مافعله أبو عبد الله البتانى (٢٤٠ - ٣١٧ هـ) فى ملاحظاته الفلكية المتواصلة التى أودعها فى كتابه « الزيج الصابى » الذى يقول فيــــه « وسهلت به سبيل الهداية لمن يتأثر به ويعمل عليه فى صناعة النجوم ، وصححت فيه حركات الكواكب ومواضعها فى منطقة فلك البروج على نحو ما وجدتها بالرصد وحساب الكسوفين وسائر مايحتاج إليه من الأعمال » (١) ونتيجة لذلك « أثبت على عكس ما ذهب إليه بطليموس تغيير القطر الزاوى للشمس واحتمال حدوث الكسوف الحلقى ، وصحح البتانى جملة من حركـــــات القمـــر والكواكـــب السيارة ، واستنـــبط نظريـــة جديـــدة تشف عـــن شيء كبيـــر من الحذق ، وسعة الحيلة لبيان الأحوال التى يرى بها القمر عند ولادته ، وضبط تقدير بطليموس لحركة المبادرة الاعتدالية ، وله رصود جليلة للكسوف والخسوف اعتمد عليها دنثورن سنة ١٧٤٩ فى تحديد تسارع القمر فى حركته خلال قرن من الزمان (٢) .

وقد أسهم البتانى فى تطوير الملاحظة الفلكية باستخدامه الأجهزة العلمية والأزياج الفلكية فى إثبات النتائج الصحيحة لأرصاده المختلفة ، ولذلك استطاع أن يفسر طبيعة الأجرام المضيئة والمعتمة ، وظاهرة انعكاس الضوء بالنسبة لطبيعة الجسم المعتم (٣).

وهو أول من عمل الجداول الرياضية لنظير المماس (٤)واشتهرت أرصاده بدقتها الفائقة . وكان من الذين لهم باع طويل فى الهندسة وهيئة الأفلاك وحساب النجوم « ولا يعلم أحد من العرب بلغ مبلغه فى تصحيح أرصاد

---

(١) البتانى (أبو عبد الله بن سنان) الزيج الصابى ، تصحيح د. كارلو الفونسو نللينو طبعة روما سنة ١٨٩٩ ص ٧ .

(٢) دائرة المعارف الإسلامية ، الترجمة العربية الجزء الثالث مادة البتانى بقلم كارلو الفونسو نللينو ص ٢٣٨ .

(٣) رسائل ابن سنان ، طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٣٦٦ هـ ، كتاب فى حركات الشمس ص ٤١ وما بعدها .

(4) Cajori , florian , : Ahiustory of Mathematics . (U.S.A 1960) P.110 .

الكواكب وامتحان حركاتها فى عصره ، ولا فى العصور التى تلت »[1] .

ويؤكد الحسن بن الهيثم طريقته فى تقصى الأجرام الفلكية باستخدام الملاحظة . وقد طبق منهجه هذا فى تفسير طبيعة ضوء القمر ، بعد ملاحظة أحوال جميع الأجرام المضيئة للانتهاء إلى التفسير الصحيح لطبيعة ذلك الضوء ولهذا يقول « دعتنا هذه الحال إلى البحث عن كيفية ضوء هذا الجرم واستقصاء النظر فيه وكشف ما هو ملتبس من أمره ، فجعلنا ابتداء نظرنا فى تفقد أعراض جميع الأجرام المضيئة واعتبار أحوالها »[2] .

وهو لم يعتمد فى أرصاده على آراء من سبقوه فنراه يقول فى « مقالة فى الشكوك على بطليموس » « .. لما نظرنا فى كتب الرجل المشهور بالفضيلة · وجدنا فيها علوما كثيرة ، ولما هضمناها وميزناها وجدنا فيها مواضع شبهة وألفاظا بشعة ومعانى متناقضة . ورأينا أن فى الإمساك عنها هضما للحق وتعديا عليه ، ووجدنا أولى الأمور ذكر هذه المواضع وإظهارها ، ثم نجتهد بعد ذلك فى سد خللها وتصحيح معانيها »[3] .

وقد استنبط ابن الهيثم من ملاحظاته الفلكية طريقة جديدة لتعيين « ارتفاع القطب » ، أو عرض المكان على وجه التدقيق ، وهى تدلل على مقدرته الفلكية العملية ، وعلى مقدرة رياضية فائقة إذ استطاع أن يلجأ إلى الرياضيات . فكانت بحوثه وأرصاده خالية من الغلط والأخطاء .

وقد لخص الأستاذ الفلكى محمد رضا مدور هذه الطريقة فى محاضرة له عن « الناحية الفلكية لابن الهيثم » جاء فيها مايلى :

« ... وهى تتلخص فى رصد الزمن الذى يستغرقه للوصول من ارتفاع شرقى قريب من خط نصف النهار ، إلى ارتفاع غربى متساو ، ومعرفة قيمة

---

(١) ابن خلكان : وفيات الأعيان (المجلد الثانى) ص ٨٠ .

(٢) الحسن بن الهيثم : مجموعة الرسائل ، طبع حيدر اباد الدكن ، سنة ١٣٥٧ هـ رسالة فى ضوء القمر ، ص ٣ .

(٣) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى ص ٣٠٧ .

الارتفاع الشرقى أو الغربى ، وارتفاع الكوكب عند مروره بخط نصف النهار .
أما الأجهزة الخاصة بذلك فهى : البنكام أو الساعة المائية لتعيين الزمن وآلة الاسطرلاب لرصد الارتفاع عن الأفق . ويبين « ابن الهيثم » ـ بوضوح ـ كيفية أخذ الأرصاد المذكورة ، ثم يدلى بالقانون الخاص بعلاقة الارتفاعات المذكورة والزمن الذى يستغرقه الكوكب فى الحالة الأولى : التى فيها يمر الكوكب بسمت الرأس ، أو يكون عند عبوره قريبا منها . وفى الحالة الثانية : عندما يكون عبوره على نقطة من خط نصف النهار تختلف عن سمت الرأس ، يؤيد « ابن الهيثم » بالبرهان الهندسى الدقيق ، كيفية الحصول على هذه العلاقات ....[1] التى استمدها من أرصاده المتعددة .

وهذه الطريقة هى الأكثر استعمالا فى وقتنا الحاضر ، ولو أن الأجهزة المستعملة الآن فى الرصد والملاحظة تختلف كلية عن الأجهزة القديمة . ويستدل الأستاذ مدور من هذه الرسالة على القدرة الفلكية العملية « لابن الهيثم » لأن شرح وطريقة استعمالها ، تدل دلالة واضحة على أنه فلكى يعنى عناية خاصة بأن تكون أرصاده صحيحة خالية من الأخطاء .

كذلك يفسر ابن الهيثم ملاحظاته عن السبب فى إدراك الكواكب ، وهى عند الأفق أو قريبا منه أعظم منها وهى عند السمت أوقريبا من وسط السماء ـ بأسلوب علمى رياضى ـ فيقول « إن كل كوكب إذا كان على سمت الرأس فإن البصر يدرك مقداره أصغر من مقداره الذى يدركه من جميع نواحى السماء التى يتحرك عليها ذلك الكوكب . وكلما كان أبعد عن سمت الرأس كان ما يدركه البصر من مقداره أعظم من مقداره الذى يدركه وهو أقرب إلى سمت الرأس ، وإن أعظم ما يدرك البصر من مقدار الكوكب هو إذا كان الكوكب على الأفق وكذلك أبعاد مابين الكواكب . وهذا المعنى يشيد به الوجود »[2] .

ويعلق الأستاذ مصطفى نظيف على ذلك بقوله « وشرح ابن الهيثم لهذه

---

(١) د. محمد رضا مدور : الناحية الفلكية لابن الهيثم ، ضمن محاضرات الاجتماع التخليدى لذكرى الحسن بن الهيثم (الجمعية المصرية للعلوم الرياضية والطبيعية) طبع القاهرة ١٩٤٠ ص ٢٩ .
(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم ١/ ٣٣٥ .

الظاهرة مبنى على المعانى التى سبق أن أوضحها فى كتابه « المناظر » فى شرح آرائه عن كيفية إدراك البعد والغلط فيه ، وما يترتب على الغلط فى إدراك البعد من الغلط فى إدراك العظم »[1] ، كما يعنى بصفة خاصة ببيان أن الكواكب فى السماء وإن كانت ترى بالانعطاف فإن البصر يدركها على سموت الأشعة الواردة إليه كما يدرك صور المبصرات المعتادة فى الهواء ، وفى ذلك يقول ابن الهيثم « ... وليس يحس البصر أيضا عند ورود صورة الكوكب إليه أن تلك الصورة صورة منعطفة ، وأنها انعطفت من سطح مقعر ، وأن الجسم الذى فيه الكوكب أَلْطَفُ من الجسم الذى فيه البصر ، بل إنما يدرك صورة الكوكب كما يدرك صورة المبصرات التى فى الهواء التى ترد إليه على استقامة ... »[2] .

أما عن إدراك الإنسان للسماء كالسطح المستوى ، ولا يدركها كالسطح الكرى المقعر بحيث يحس بأن جميع أجزائها على بعد واحد من البصر . يقول ابن الهيثم « إن البصر يدرك سطح السماء الذى يلى البصر مسطحا ولا يحس بتقعيره وتساوى أبعاده من المبصر . وهو مستقر فى النفس أن السطوح المستوية يدرك مايلى الأفق من السماء أبعد عنه من وسط السماء ، ويدرك ما قرب من الأفق أبعد مما قرب من وسط السماء ... »[3] فإذا كانت زاوية الكوكب وهو على الأفق أو قريبا منه ، وزاوية رؤيته وهو فى وسط السماء واحدة وأدرك الإنسان بعده وهو على الأفق الأعظم من بعده وهو وسط السماء ، فإنه يدرك الكوكب نفسه وهو على الأفق أعظم مما هو فى وسط السماء .

وشرح ابن الهيثم لهذه الظاهرة - كما يقول الأستاذ نظيف - « لا يزال معتمدا عليه إلى وقتنا الحاضر »[4] .

وتكفينا مثل هذه الإشارة دليلا على أثر علماء المسلمين فى المناهج المعاصرة .

---

(١) نفس المصدر : ص ٣٣٦ .
(٢) المصدر السابق : ص ٣٣٦ .
(٣) المصدر السابق : ص ٣٣٧ .
(٤) المصدر السابق : نفس الصفحة .

٣ ـ التجربة العملية

وهى المرحلة الثانية فى الدليل الاستقرائى وفى المنهج التجريبى عموما ، وقد مارس الإسلاميون التجربة المختبرية[١] على أكمل وجه فى شتى المجالات العلمية ، ووقفوا على قيمتها ودورها فى البحث العلمى ، ثم تكلموا فى شروطها وقواعد تطبيقها ، كما تنبهوا إلى أهمية التجربة الكمية ، وكيف أن استخدام القياس ولغة العدد فى التعبير عن نتائج التجربة له أكبر الأثر فى الوصول إلى أدق النتائج ، كما يقر بذلك المنهج العلمى الحديث . يقول ريتشى « إن التجارب الوصفية التقليدية لا يمكن أن تعطينا فكرة واضحة عن الأشياء المحسوسة .. أما التجربة التى تستعين بالقياس فى التعرف على الموجودات هى أساس المعرفة الحقيقية »[٢] .

وقد جارى الدكتور محمود زيدان نفس المعنى بقوله « إن المنهج العلمى المعاصر يستخدم الخبرة الحسية لتحقيق نتائجه ، كما يستخدم الاستنباط الرياضى إلى جانب تلك الخبرة »[٣]

فدقة التجربة المختبرية إذن تتوقف على استخدام الصيغة الرياضية التى تفيد فى اكتساب الدقة العلمية « طالما فى وسعنا دائما أن نضيف أرقاما عشرية ، كلما زادت دقة أجهزة القياس »[٤] .

وقد تدبر الإسلاميون هذه الأسس وعولوا عليها فى إجراء تجاربهم العلمية ، فحينما أدركوا أن بعض الظواهر الفلكية لا يمكن حصرها والتدخل

---

(١) التجربة المختبرية هى التجربة التى تحتوى على عنصرى « التدخل والحصر ، ويقصد بالتدخل ترتيب جهاز علمى لمراقبة الظاهرة بدقة فى ظروف معينة ، ونقصد بالحصر عزل الظاهرة المراد بحثها عن بقية الظواهر المتشابكة معها ، وتوجيه الملاحظة نحو الظاهرة والعوامل الفاعلة فيها ، والتغيرات التى تحدث فى التجربة » « يلاحظ : د. ياسين خليل . منطق البحث العلمى ص ١٤٦ . وأيضا كارل بوبر : عقم المذهب التاريخى ترجمة د. عبد الحميد صبره ط الإسكندرية ١٩٥٩ ص ١٨ .

(2) Ritchie A.D; : Scientific method (London 1923) P. 163 .

(٣) د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٨٦ .

(٤) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٩٢/١.

فيها ، استخدموا الأجهزة العلمية لمراقبة سلوكها ومعرفة العوامل المؤثرة فيها ، وأجروا عدة تجارب توصلوا من خلالها إلى حسابات رياضية دقيقة فى هذا العلم ، كالتجربة التى قام بها مجموعة من العلماء فى عصر المأمون لمعرفة قوس نصف النهار ، وهو كما يقول كارلونللينو « أول قياس حقيقى أجرى كله مباشرة مع كل مااقتضته تلك المساحة من المدة الطويلة والصعوبة والمشقة ، واشتراك جماعة من الفلكيين والمساحين فى العمل . فلا بد لنا من إعداد ذلك القياس فى أعمال العرب العلمية المجيدة المأثورة »[1] .

كذلك أكد جابر بن حيان على قيمة التجربة المختبرية فى البحث العلمى ، وأهمية ممارستها إذ يقول « ويجب أن تعلم أنا نذكر فى هذه الكتب خواص ما رأيناه فقط دون ما سمعناه أو قيل لنا ، أو قرأناه بعد أن امتحناه وجربناه ، فما صح أوردناه وما بطل رفضناه وما استخرجناه نحن وقايسناه على أقوال هؤلاء القوم »[2] .

فجابر هنا يعول على التجربة ، ويعتبرها خطوة رئيسية فى منهجه العلمى دون الالتفات إلى أساليب النقل والرواية التى لا تؤيدها التجارب .

فالمجرب عنده هو الشخص القادر على إثراء الطريقة العادية ، « فمن كان دَرِباً كان عالما حقا ، ومن لم يكن دَرِباً لم يكن عالما ، وحسبك بالدربة [3] فى جميع الصنائع ، إن الصانعَ الدَّربَ يحذق وغير الدَّربَ يعطل »[4] .

ولم يقف تفهم جابر للتجربة عند هذا الحد ، فقد أوصى بضرورة القيام بعملية إعداد علمى لكل متطلباتها ، فلايمكن ارتجال التجربة بدون خلفية علمية مناسبة يستطيع من خلالها الباحث الحصول على أحسن النتائج وأفضلها ،

---

(١) كارلو الفونسو نللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى طبعة روما سنة ١٩١١ ص ٢٨٩ . ويلاحظ أيضا : بروكلمان (كارل) تاريخ الشعوب الإسلامية ، ترجمة نبيه أمين ومنير البعلبكى ، طبع بيروت ١٩٦٥ من ص ٢٠٤ .

(٢) جابر بن حيان : مختار الرسائل نشر بول كراوس القاهرة ١٩٥٤ ، كتاب الخواص الكبير ص ٢٣٢ .

(٣) الدربة : التجربة ، والشخصُ الدَّربُ هو الشخص المُجَرِّبُ .

(٤) جابر بن حيان : المصدر السابق ، كتاب السبعين ، ص ٤٦٤ .

ولكى لا يفرط بنتيجة التجربة ، والتأكد من ضمان نجاحها ينبغى أن تدرس أصولها ، وتحدد معالمها بطريق علمى يتضح فيه خصائص التجربة المختبرية » ولاتجرى منها شيئا حتى تستقصى درسها ، وتجمع فصولها ، ويتخيل لك ماذكرناه فيها ، أمر ذو نظام وتدبير وترتيب إما بطريق الميزان أو بطريق التدبير »[١] .

ويعتبر جابر بن حيان على هذا النحو فيما يرى كراوس « من أعظم رواد العلوم الطبيعية والكيميائية ، وذلك لتطبيقه الميزان » وجعله أساسا من أسس التجريب ، وهذه النظرية تعد أساسا تعليميا عنده ، طبق فيها الكم والقياس فى مجال التجربة المختبرية ، ومرد ذلك أن جابر يرى أن عالم الكيمياء لا يستطيع الإحاطة بكل الأسباب الطبيعية للمواد محل التجربة بقوله « إن الإحاطة بآثار الموجودات بعضها فى بعض ، وكليات ما فيها أمر غير ممكن لأحد من الناس »[٢] وذلك لكون المعرفة الإنسانية محدودة ، ومن ثم كان احتياج الناس إلى علم الميزان لأنه « استدراك أكثر ما يمكن للإنسان الإحاطة بمثله »[٣] .

وهذا الأمر يعد بحق « غاية فى الدقة المنهجية ، والالتفات الواعى إلى ضرورة الاهتمام بالمتغيرات التى تؤثر فى نتائج الظاهرة أو تحدثها »[٤] . ذلك لأن الإلمام بكيفيات الطبائع الأربعة[٥] المكونة للشيء المراد تحويله أمر غير مستطاع ، لذلك كان وزن الطبائع أى معرفتها كمًّا وذلك بوزن أجسامها هو الطريق الموصل إلى معرفتها عن طريق التقليل والزيادة .

---

(١) جابر بن حيان : المصدر السابق ، كتاب القديم ص ٥٤٦ وما بعدها .

(٢) جابر بن حيان : كتاب البحث (مخطوط بدار الكتب المصرية تحت رقم ٢٦٨١) نسخ سنة ١٩٤٠ عن نسخة الآستانة ص ١٥ .

(٣) المرجع السابق : ص ٦٣ .

(٤) مصطفى لبيب عبد الغنى : الكيمياء عند العرب طبع القاهرة ١٩٦٧ ص ٣٦ .

(٥) نظرية العناصر الأربعة : نظرية يونانية قديمة سيطرت على الفكر اليونانى فى مدارسه المختلفة وقوامها : أن الأشياء تتكون من أربعة عناصر ، هى الحرارة والجفاف والرطوبة والبرودة ، وقد فحص جابر هذه النظرية وأثبت بتجاربه أن هذه النظرية لا تفسر الظواهر والمشاهدات .

وهذا هو لب البحث الذى يتجه إلى إحلال النسب الكمية محل الخواص الكيفية فى تفسير الطبيعة ، وذلك فيما يعرف الآن باسم « قانون الأوزان المتكافئة » والميزان على ذلك هو وسيلة المعرفة المضبوطة بالطبيعة وقياسها قياسا كمّيًا ، ومحاولة رد معطيات المعرفة ومظاهر الوجود إلى نظام من المقدار والتناسب العددى ، يقول جابر « أما الكمية فهى الحاصرة المشتملة على قولنا الأعداد مثل عدد مساو لعدد ، أو عدد مخالف لعدد ، وسائر الأرطال والأعداد والأقدار من الأوزان والمكاييل وماشاكل ذلك »[١] .

وهذه المقاييس المختلفة هى الموصولة إلى معرفة وزن الطبائع الداخلة فى التجربة ، أو معرفة وزنها النوعى وكثافتها بلغة العلم الحديث .

أما فى مجال العلوم الطبيعية ، فقد تمثلت التجربة المختبرية عند الحسن ابن الهيثم بشكل عملى دقيق ، وقد عالج جميع بحوثه الطبيعية عن طريق ممارسة التجربة ؛ ولذا أسهم تطوير التجربة لديه فى التوصل إلى منجزات علمية فى حقل العلوم الطبيعية ، ولهذا استعانت تجاربه المختبرية « بالأجهزة العلمية التى ابتكرها لتحقيق هدف التجارب العلمية فى كشف مبادىء الظواهر الطبيعية ولا سيما الظاهرة الضوئية »[٢] . ولهذا نراه يقوم بعملية وصف علمى دقيق لإعداد تجربة علمية مستخدما فيها وسائل القياس والأجهزة العلمية لاختيار استقامة الضوء بقوله « فإن اعتباره ممكن متسهل بالمساطر والأنابيب ، فإذا شاء معتبر أن يعتبر ذلك ويحرره ؛ فليتخذ مسطرة فى غاية الصحة والاستقامة ، وليخط فى وسط سطحها مستقيما موازيا لخطى نهايتها .

ويتخذ أنبوبا اسطوانيا أجوف طوله فى غاية الاستقامة ، واستدار به فى غاية ما يمكن من الصحة ، ودائرتا طرفيه متوازيتان ، ولتكن متباينة متشابهة ، وليكن مقتدر السعة ، وليس بوسع من محجر العين ، وليخط فى سطحه الظاهر خطا مستقيما يمتد من نقطة من مختط إحدى قاعدتيه إلى النقطة

---

(١) كتاب البحث . ص ٦٣ من المخطوط .

(2) Singer, Charles , : Studies in the history and method Science (oxford I957) Vol . II P. 3 91 .

المقابلة لها من الناحية الأخرى ، وليكن هذا الأنبوب أقصر من طول المسطرة بمقدار يسير »(١) .

وواضح من التجربة ومن النص السابق أن ابن الهيثم تبين قيمة التجربة المختبرية واعتمادها على الأجهزة والآلات من جهة ، وعلى القياس العلمى واستخدام العلم الرياضى فى إثبات نتائج التجربة .

كما استعان الحسن بن الهيثم بالهندسة فى تجاربه البصرية والصوتية ، « فقد استطاع إيجاد بؤرة مرآة مقعرة بحل هندسى حيث يطلب للشعاع الصادر من نقطة معينة أن ينعكس إلى نقطة أخرى (٢) ، كذلك اكتشفت ابن الهيثم بعض نظريات هندسية مبتكرة كنظرية المحور الأساسى (٣) .

ومن براهينه فى المسائل المتعلقة بالفلك والطبيعة ما هو غاية فى البساطة ومنها ما هو غاية فى التعقيد . وهى تتناول الهندسة بنوعيها المستوية والمجسمة .

ويمكن القول « إنه رياضى بأدق ما يدل عليه هذا الوصف ، وعلى ما أجراه من تجارب هى الأولى من نوعها . وعلى ماوضعه من آراء وتجارب فى البصريات » (٤) .

أما فى مجال الطب والصيدلة ،فقد احتلت التجربة فى منهج الرازى مكانا كبيرا ، فلقد تضمنت أثاره العديد من التجارب الطبية للوقوف على التفسير الصحيح لطبيعة ظاهرة المرض (٥) ، أو لتحديد خاصية الدواء الملائم ، وبهذا يقول « لا تلتفتن إلى الأدوية الغريبة والمجهولة ما أمكنك إلا أن يصبح عندك أمر أقوى بالتجربة والمشاهدة »(٦) .

---

(١) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم : بحوثه وكشوفه البصرية ٥٦/١ .

(2) Rouse Ball W. W ; A short account of the history of Mathematics (New York 1960) P. P . 161 - 162 .

(٣) مصطفى نظيف : المصدر السابق ٩/١ .

(٤) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى ص ٣٠٠ .

(٥) الرازى : الحاوى فى الطب طبع حيدر اباد ، ١٩٥٥،١٤/٤٤ .

(٦) الرازى : كتاب المرشد أو الفصول ، تحقيق ألبير زكى إسكندر ، طبع مصر سنة ١٩٦١ ص ٩٣ .

وكان لا يتبنى رأيا أو حكما مالم تؤيده التجارب والمشاهدات : « ولا نحل شيئا من ذلك عندنا محل الثقة إلا بعد الامتحان والتجربة »[١] .

ولقد بلغ الاهتمام بالتجربة لدى ابن سينا (٣٧١ ـ ٤٢٨ هـ) مبلغا كبيرا بحيث دلل على القيمة العالية لها من خلال تطبيقاتها على علوم مختلفة ، فالمجرب على صعيد الأدوية مثلا خير من عديم التجربة ، وذلك « أن كل دواء مركب فله حكم من بسائطه وحكم من جملة صورته ، وغير المجرب إنما يفيد من اعتبار بسائطه فقط ، ولا ندرى ما يوجبه مزاجه الكائن عليها ، هل هو زائد فى معناها أو غير زائد ، وهو مناقض ، والمجرب يكون قد تحقق منه الأمران . ولربما كانت الفائدة فى صورته المزاجية أكثر من المتوقع من بسائطه »[٢].

ولذلك يرى ابن سينا أن التعرف على قوى الأدوية يأتى عن طريقين ، هما طريق القياس ، وطريق التجربة [٣]. ثم يرى أن للأبدان طبائع وأمزجة لايمكن حصرها بالقياس ، ولهذا يوصى بتغليب التجربة [٤] ، ولقد نادى بالتجربة أسلوبا للتحقق فى أعماله الكيماوية ، ورسالته فى الإكسير خير دليل على ذلك [٥] .

ويؤكد ابن سينا على أهمية الإعداد العلمى للتجربة المختبرية ، فلا يقوم بالتجربة إلا بعد العلم بمتطلباتها [٦]. وكان يدرك بصورة دقيقة دور الآلات والأجهزة العلمية فى تجاربه ، ويَعْزى نجاح التجربة أو عدمه إلى أسباب معينة أحدها ضعف الآلات ، ولهذا يقول « وظننت أنا إذا استعملنا السحق وسقى مياه حادة مازجة محلله خالطة علي الدوام أمكن أن يقوم ذلك مقام التحليل ، ففعلنا ذلك فى أشياء للتجربة/فربما) نجح ، وربما لم ينجح ، إما لضعف الآلات

---

(١) د. محمد كامل حسين : طب الرازى ، ص ٩٣ .
(٢) ابن سينا : القانون فى الطب : ٣ / ٣١٠ .
(٣) المصدر السابق : ٢٢٥/١ .
(٤) المصدر السابق : ١٦٥/١ .
(٥) ابن سينا : رسالة فى الإكسير (بدون مكان وزمان طبع) ص ٤١ وما بعدها .
(٦) المصدر السابق ص ٤٦ .

وإما للتقصير فى العمل ، وإما لأسباب أخرى جزئية قل أن تدرك »[1] .

وواضح من النص أن التجربة العلمية عند ابن سينا شاملة ، لها إطارها النظرى المهيئ لإجرائها ، كما تعتمد على استخدام الأجهزة والقياس العلمى للتوصل إلى أفضل النتائج .

وفى مجال علم الفلك فقد ترسم البتانى (٢٤٠ ـ ٣١٧ هـ) منهج الامتحان (التجربة) للتثبت من طبيعة الرصد الفلكى[2] .

وقد أكد البتانى على أن السبيل إلى تقدم نظريات علم الفلك هو المثابرة على الأرصاد ، والعمل على إتقانها ، ذلك « لأن الحركات السماوية لا يحاط بها معرفة مستقصاة حقيقية ، بتمادى العصور والتدقيق فى الرصد »[3] .

وقد استخدم البتانى الهندسة وحساب المثلثات فى تصحيح أرصاد الكواكب وامتحان حركاتها . وقد أدخل لفظ « الجيب » واستعمله بدلا من كلمة « الوتر » التى كان يستعملها « بطليموس » ،كما خالف « بطليموس» فى قوله بثبات الأوج الشمسى .

وقد أقام الدليل على تبعيته لحركة المبادرة الاعتدالية ، « واستنتج من ذلك أن معادلة الزمن تتغير تغيرا بطيئا على مر الأجيال »[4] ، وقد وجد البتانى أن « موضع أوج الشمس يزيد بمقدار ٤٧/١٦° عما كان معروفا منذ نظرية بطليموس لحركة الكواكب عام ١٥٠م ، الأمر الذى يوصى باكتشاف حركة أوج الشمس ، وتمكن البتانى من تعيين معاملات فلكية متعددة بدقة رائعة : فوجد أن مقدار تقهقر الاعتدالين هو ٥ر٥٤ ثانية فى العام[5] ، وأن مقدار ميل فلك

---

(١) إبن سينا : المصدر السابق ص ٤٨ ـ ٤٩ .

(٢) أبو عبد الله البتانى : الزيج الصابى ، تصحيح . د. كارلو ألفونسو نللينو ، روما ١٨٩٩ ص ٧ .

(٣) كارلو ألفونسو نللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ص ٢١٤ .

(٤) دائرة المعارف الإسلامية : مجلد ٣ ص ٣٣٨ من الترجمة العربية .

(٥) يعتبر هذا المقدار عالى الدقة لما كان متاحا من أجهزة الرصد فى القرن العاشر ، حيث إن القيمة الصحيحة لمقدار تقهقر الاعتدالين التى نعرضها اليوم هى ٢ر٥٠ ثانيه (يلاحظ ، د. عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ، تعريب د. جلال شوقى طبع القاهرة ١٩٨١ ، تعليق المعرب هامش ص ٨٧) .

معدل النهار (أى الميل الأعظم) هو ٢٣/٣٥° ، وقد أثبت البتانى إمكان حدوث الكسوف السنوى للشمس ، ولم يؤمن بحدوث حالة ارتباك عند مرور الشمس فوق خط الاستواء [١] .

أما البيرونى (٣٥١ ـ ٤٤٠ هـ) فقد تضمنت أبحاثه المختلفة منهجا تجريبيا دقيقا قدم من خلاله جملة نتائج صحيحة ، بحيث كان عمله بأكمله فى استخراج الأوتار قائما على الامتحان (التجربة [٢]) ، واعتمدت القياسات التى حدد بها طول وعرض بعض البلدان تجارب دقيقة ، كان يرى من الضرورى تبنيها لاستخراج الأقيسة الدقيقة [٣] وكان يؤكد قيمة التجربة فى أبحاثه الفلكية لتفسير ومعرفة طبيعة الظواهر ، وأن استمرار التجربة هو معيار التثبيت من صحة النتائج .

« فقد عمل البيرونى » تجربة لحساب الوزن النوعى ، واستعمل فى ذلك وعاء مصبه متجه إلى أسفل ، ومن وزن الجسم فى الهواء والماء تمكن من معرفة مقدار الماء المزاح ، ومن هذا الأخير ، ووزن الجسم فى الهواء حسب الوزن النوعى ، ووجد الوزن النوعى لثمانية عشر عنصرا ومركبا ، بعضها من الأحجار الكريمة » [٤] .

وتمثل هذه التجربة مدى إسهام البيرونى فى مجال دراسات علم الفيزياء الخاصة بالثقل النوعى ، والبحث عن مصدر المياه الجوفية [٥] .

كما أن تجربة البيرونى فى قياس محيط الأرض ، تدل على تضلعه فى علوم الرياضة ، ذلك أنه « أراد تحقيق قياس « المأمون » ، فاختار جبلا فى بلاد الهند » مشرفا على البحر وعلى برية مستوية ، ثم قاس ارتفاع الجبل :

---

(١) د. على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٨٧ .

(٢) رسائل البيرونى : رسالة فى استخراج الأوتار ، ص ٢٢٠ .

(٣) البيرونى (أبو الريحان) : كتاب تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن : تحقيق د. ب بولجاكوف طبع مصر ١٩٦٤ ص ١٥٢ .

(٤) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى ص ٣١٣ .

(5) Cajori, florian , : History of phisics (New York 1929) P . 23 . : وأيضا
Carl B. Boyer ; A history of mathematics (New York 1968) P. P 263 - 264 .

فوجده $\frac{1}{2}$ ٦٥٢ ذراع ، وقاس الانحطاط : فوجده ٣٤ دقيقة فاستنبط أن مقدار درجة من خط نصف النهار ٥٨ ميلا على التقريب أى (ما يساوى ٥٦٫٩٢ ميل)[1] .

ويعترف نللينو بأن : قياس البيرونى لمحيط الأرض من الأعمال المجيدة المأثورة للعرب .

كما أن البيرونى بحث أيضا فى « إمكانية دوران الأرض حول محورها » ، وذلك قبل جاليليو بستة قرون[2] .

وعلى ذلك فقد كان البيرونى يختار بدقة البحث والملاحظة ، يعتمد على التجربة ولا يأخذ إلا ما يوافق العقل بأسلوب البرهان الرياضى .

* * * *

تلك هى أهم آفاق التجربة المختبرية عند المسلمين ، مارسوها بأسلوب علمى متكامل ، واستخدموا فيها الآلات العلمية الدقيقة ، وأسلوب التثبت الرياضى فى ضبط نتائجها فى مجالات العلوم المختلفة .

٣ ـ الفروض العلمية

ننتقل الآن إلى الحديث عن المرحلة الثالثة من مراحل الدليل الاستقرائى ، وهى مرحلة فرض الفروض وتحقيقها علميا ، وقد تنبه المسلمون إلى أن الغاية من إجراء التجارب والملاحظات ليست فى مجرد جمع وتكديس المعلومات ، وإنما ترتيب وتنظيم النتائج للحصول على تفسير مقبول لسلوك الظاهرة المدروسة ، وهذا التفسير هو الذى يبرز فى دور العقل فى تصنيف تلك المعلومات لصياغة الفرض الذى يتكهن الباحث بصحته ، ويدلل الواقع على صدقه ، وذلك عن طريق التثبيت علميا بواسطة التجربة والملاحظة عن مقدار ذلك الصدق . وعندها يتحول الفرض إلى قانون علمى عام لتفسير الظاهرة

---

(١) نللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ، ص ٢٨٠ .

(2) Rom Landou ; : The Arab heritage of western civilisation (New York 1943) P. 82 .

المدروسة . يقول ماخ « إن الفرض هو تفسير مؤقت لوقائع معينة ، لا يزال بمعزل عن امتحان الوقائع ، أصبح من بعد إما فرضا زائفا يجب أن يعدل إلى غيره ، وإما قانونا يفسر مجرى الظواهر » (١) .

ومعنى هذا أن طبيعة الفرض العلمى تحتمل الصدق أو الكذب « لأن الملاحظة والتجربة قد تثبتان فساده ، وهكذا لا يثبت صدقه إلا بشرط أن يعجز الباحث عن إثبات مخالفته للواقع »(٢) ، وبذلك يشكل الفرض العلمى إثراء للطريقة العلمية التى يتناولها العقل بالتدبير والتفكير بعد الممارسات التجريبية لأصول أى صياغة .

يقول جابر بن حيان : إن العلوم « إنما تخرج بالعقل . والقياس إنما يكون بقوة العلم ، وقوة العلم إنما تكون بكثرة الرياضة فى أصول تلك الصناعة »(٣) . والمقصود هنا بكثرة الرياضة هو تكرار الممارسة العلمية لفرض التثبت من طبيعة الفرض العلمى لكى يكتسب درجة عالية من القطع ، وإلا فلا قيمة لفرض إذا لم تؤيده الوقائع .أو بمعنى آخر « أن يكون الفرض ممكن التحقيق بالخبرة الحسية . وإلا كان لغوا لا يفيد العلم فى شئ »(٤) . لذلك سلك الفيلسوف الكندى لجميع فروضه العلمية طريق التجربة والملاحظة لصياغة القانون التجريبى لظواهر متعددة ، كما فى ظاهرة التمدد والتقلص بفعل الحرارة ، وعلاقة الحركة بالحرارة ، وأثر الشمس بسبب اقتراب بعض الكواكب منها (٥) ، إلى غير ذلك من ظواهر طبيعية وفلكية أخرى .

الفروض بين الحدس و التجربة :

كذلك عبر أئمة المناهج فى الفكر الإسلامى عن الفرض العلمى بالحدس الذى يوصل إلى صياغة القانون العام لتفسير الظاهرة محل الدراسة ، فلقد

---

(١) د. عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١٤٥ .

(٢) محمود قاسم : المنطق الحديث ص ١٥٢ .

(٣) جابر بن حيان : مختار الرسائل ، كتاب الخواص ، ص ٣١٩ .

(٤) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص ٤٦٣ .

(٥) الكندى : رسائل الكندى الفلسفية ، تحقيق د. محمد عبد الهادى أبو ريدة طبع القاهرة سنة ١٩٥٠ ، رسالة فى العلة التى لها تكون بعض المواضع لا تمطر ٧٥/٢ .

اشترط الرازى فى معرفة سبب العلة طريقين ، أحدهما : الدليل ، وثانيهما : الحدس المقرب ، وكلا الطريقين خاضعان للتثبت العلمى الذى يبرر ذلك السبب مقياسا لمعرفة علة المرض [1] ، ولقد تكرر لدى الرازى مفهوم الحدس للتعبير عن الفرض الذى يتكهن من خلاله بطبيعة علة المرض ، ثم يمارس التجربة الطبية للتثبت من طبيعة ذلك الحدس فيقول « وآخر كان به جراحة فى البنية فانكشف عنه فى العلاج اللحم فلما برئ بقيت رجله عسرة الحركة ، فعلمنا بالحدس أنه بقى من الورم الذى كان به بقية فى بعض تلك الأعضاء ، فوضعنا عليه أدوية تحلل فبرأ » [2] .

وهذا تثبت من قيمة الحدس التى تكهن به بأن استخدم من الأدوية ما يضاد ذلك المرض فثبت لديه فرضه .

وهكذا هو مفهوم الفرض بمعناه الحديث ، إذ إنه « ليس مجرد قضية عامة تستخدم فى الاستدلال القياسى بصرف النظر عن صدقها أو كذبها ، كما كان يفعل المدرسون ، بل هو حدس وتكهن بالقانون الذى يوجد بحسب الواقع » [3].

وهنا يلعب الخيال دورا رئيسيا فى التوصل إلى الفروض ، « فعالم الطبيعة أو عالم الكيمياء قد يهتدى بخياله إلى فكرة عامة يغلب على ظنه أنها صادقة ، وأنها تفسر الملاحظات والتجارب التى يقوم بها . لكنه لا يستطيع الثقة بفكرته أو استخدامها فى تفسير الظواهر تفسيرا علميا سليما إلا بشرط أن يبرهن على صدقها عن طريق الملاحظة أو التجربة » [4] ، فإذا ثبتت صحتها أصبحت قانونا طبيعيا أو كيميائيا أقرب إلى اليقين منه إلى الحدس أو التخمين .

لذلك كان الشرط الأساسى فى الفروض العلمية هو اعتمادها على الملاحظة والتجربة ، « لأن الحقائق الخارجية التى تقع عليها حواسنا ، والتى يمكن أن

---

(١) الرازى : المرشد ص ٣٣ .

(٢) الرازى : الحاوى ٧/١ .

(٣) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ١٣٢ .

(٤) المصدر السابق : ص ١٣٣ وما بعدها .

تجرى عليها تجاربنا ، هى المعيار الواقعى الذى يحول دون الشطط فى الحدس »[1] .

وهذا ما فعله الشيخ الرئيس ابن سينا ، حينما أكد على أن السبيل الوحيد للحصول على التفسير الصحيح لطبيعة الوقائع هو الاعتماد على تكرار التجربة باعتبارها هى الحد الفاصل بين حكم الحواس والتثبت العقلى[2] .

وكان ابن سينا كثيرا « ما يتثبت من الفرض العلمى بعد تكرار التجربة وتنويعها على الظاهرة ، حتى يمكنه التثبت النهائى من طبيعة الظاهرة ، فيقول « وقد رأينا فيما جربناه لهذا من وجوه التجربة ، أن المياه إذا خلطت ومزجت مزجا شديدا ثم خففت وعقدت تلازمت »[3] .

فابن سينا كان يعول دائما على المشاهدات والتجارب لوضع فروضه العلمية ، وكان يعلل من خلالها احتمالات سلوك الظاهرة تبعا « لتعدد الحالات التى تظهر فيها ، ولهذا يرى « أنه إذا برد الدخان فى الجو قبل الانتهاء إلى حيز الاشتعال هبط ريحا ، وهذه الأبخرة والدواخن إذا احتبست فى الأرض ولم تتخلل ، حدث منها أمور »[4] .

كذلك عالج ابن سينا الفرض بدلالة الحدس ، فقد أكد على أن التحقق من الحدس يكون بتكرار التأمل وبقدر ما تتفق نتائج التأمل تتأكد قيمة الحدس العقلى ، وقد أكد على هذا المعنى فى معرض دراسته للون القمر ، بقول « إن القمر من جملة هذه الأجرام ، وله لون غير الضوء ، تبين له إذا انقطع عنه النور ، الذى يوجب الحدس فى أول الأمر أن مبدأ وقوعه عليه من الشمس حتى يتقدر ويتسمت بحسب ما يوجبه وضعه من الشمس قربا وبعدا ، ثم يحقق التأمل ذلك الحدس »[5] .

---

(١) نفس المصدر : ص ١٦٣ .

(٢) ابن سينا : تسع رسائل فى الحكمة والطبيعيات ، طبع مصر سنة ١٩٠٨ ص ٤٠ .

(٣) ابن سينا : رسالة الإكسير ص ٤٨ .

(٤) ابن سينا : عيون الحكمة ، طهران سنة ١٣٣٣ هـ . ص ٢٦ .

(٥) ابن سينا : الشفاء (الطبيعيات) تحقيق الدكتور محمود قاسم ، طبع القاهرة سنة١٩٦٩ الجزء الثانى ص ٣٧ .

وبذلك يتضح أن المسلمين أدركوا أن للفرض العلمى طريقين :
أحدهما : التجربة المختبرية ، والآخر : الحدس العقلى ، وكلا الطريقين خاضعان لمفهوم التثبت الذى يحقق درجة صدق الفرضين . وأسلوب التأمل هو طريق التحقق من الفرض الحدسى ، فى حين تكون التجربة وسيلة التحقق من الفرض الناتج عن التجربة للوصول إلى مرحلة القانون ، وهذا هو أسلوب التحقق من الفروض فى البحث العلمى الحديث . إذ لا تكون للفرض قيمة « إلا بشرط أن يكون أساسا للملاحظة والتجربة ، وأن يعجز الباحث عن إثبات مخالفته للواقع . وفى هذه الحالة ينتقل من مرحلة الحدس إلى مرحلة اليقين النسبى ، فيختفى الفرض ويحل محله القانون » .

وبناء على هذا التحديد لطبيعة الفروض العلمية مارس ابن سينا بحوثه العلمية ، واستطاع تحقيق قوانين جديرة بالاعتبار فى مجالات علم الطبيعة ، ومبادئ الميكانيكا ، حيث تمكن من صياغة عدة قوانين تتفق مع ما حققه ابن الهيثم فى بحوثه الطبيعية[١] .

الفروض فى علم الفلك (الهيئة) :

أما فى علم الفلك فقد تضمنت الأزياج[٢] الفلكية مجموعة المشاهدات والتجارب التى كان يجربها العلماء فى هذا المجال ، ومن ثم فإن تلك الجداول كانت محل مراجعة مستمرة للتثبت من نتائجها [٣] ، وبذلك تكون الفرضيات التى تحملها الجداول الفلكية خاضعة كمعيار التثبت عن طريق الرصد

---

(١) البارون كارادافو : ابن سينا ، ترجمة عادل زعيتر ، طبع بيروت سنة ١٩٧٠ ص ١٨٢ ومابعدها .
ويلاحظ أيضا : مصطفى نظيف : آراء الفلاسفة الإسلاميين فى الحركة ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٣ (ضمن محاضرات الحسن بن الهيثم التذكارية) ص ١١ وما بعدها .

(٢) الأزياج والزيجات ، جمع زيج ، وهى كلمة فارسية تعنى الجدول وهى صناعة حسابية على قوانين عددية فيما يخص كل كوكب عن طريق حركته وما أدى إليه برهان الهيئة فى وضعه من سرعة وبطء ، واستقامة وغير ذلك . (مقدمة ابن خلدون : ص ٣٨٧) .

(٣) بروكلمان (كارل) تاريخ الشعوب الإسلامية ، ترجمة نبيه أمين ومنير البعلبكى ط ٤ بيروت سنة ١٩٦٥ ص ٢٠٤ .

والمشاهدة . وهذا هو ما فعله أبو عبد الله البتانى فى زيجه الذى يقول فيـــه « لمن تأثر به ، ويعمل عليه فى صناعة النجوم والكواكب ، ومواضعها من منطقة فلك البروج على نحو ما وجدتها بالرصد وحساب الكسوفيين ، وسائر ما يحتاج إليه من الأعمال »[1] ونتيجة لتدبر البتانى صيغة الفرض العلمى فى مجال الفلك استطاع أن يعين مقدار تقهقر الاعتداليين ، (ب ٥ر٥٤ ثانية فى العام) وميل فلك البروج (الميل الأعظم) بـ ٣٥ ـ ٢٣° . وهو تحديد أدق من بطليموس ، كما اكتشف اختلاف اتجاه أوج مدار الشمس عن الاتجاه الذى عينه بطليموس وأنه يزيد بمقدار ٦٤٧ أ[2] .

كذلك أفاد أبو الوفاء اليوزجانى (٣٢٨ ـ ٣٨٨ هـ) أن الأزياج تحمل قضايا تقريبية غير محققة ، وهذا يعود إلى قصر باع سابقيه فى الأصول الهندسية[3] .

وهذا تأكيد على ضرورة ممارسة البرهان الهندسى ؛ للتثبت من طبيعة الفرض الفلكى ذلك أن « الدائر من الفلك يكون معلوما بالبرهان الهندسى ، الذى لا يشوبه شئ من الشكوك »[4] . فطريقة التثبت لدى اليوزجانى هى البرهان الرياضى لتحقيق اليقين العلمى ، ومن هنا فقد أقام القضية الفلكية على أساس من البرهان الرياضى ، فمن الممكن تمثيل الأفكار الفلكية بصيغ تمثل مبادئ فى النظام الرياضى ، فكما أن الحركة الفلكية ، وحركات الكواكب تكون دائرية أو مستقيمة ، فإن النظام الرياضى الهندسى يستطيع تقديم أبنية لتلك الحركات ، وبذلك نزع اليوزجانى فى التعبير عن الفرض العلمى بلغة رياضية دلل من خلالها على ضرورة التعبير عن الفروض العلمية بلغـة رياضية [5] .

---

(١) البتانى (أبو عبد الله) : الزيج الصابى ص ٧ .

(٢) أحمد شوكت الشطى : مجموعة أبحاث عن تاريخ العلوم الرياضية ، طبع دمشق سنة ١٩٦٤ ص ٣٥ .

(٣) اليوزجانى (أبو الوفاء) : رسالة فى إقامة البرهان على الدائر من الفلك من قوس النهار (ضمن مجموعة رسائل متفرقة فى الهيئة) طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٣٦٢ هـ ص ٣ .

(٤) المصدر السابق الموضع نفسه .

(5) Cajori , florian ; A history of mathematics , u . s . A P. 109 .

وقد سلك أبو الريحان البيرونى فى كتابه « القانون المسعودى » وجملة رسائله الفلكية طريقا علميا فى تحديد طبيعة الفرض العلمى .

ولهذا يستهل جدوله بأسلوب المنهج الذى زاوله لطرح تلك الفروض بقوله « ولم أسلك فيه مسلك من تقدمنى من أفاضل المجتهدين فى حملهم من طالع أعمالهم ، واستعمل زيجانهم على مطايا الترديد إلى قضايا التقليد ، باقتصارهم على الأوضاع الزيجية وتعميتهم خبر مازاولوه من عمل ، وطيهم عنه كيفية ما أصلوه من أصل ، حتى أحوجوا المتأخر عنهم فى بعضها إلى استئناف التعليل »[1] وهكذا يصرح البيرونى بالحاجة إلى إعادة النظر فى تعليل عدة ظواهر ؛ لتصحيح النتائج التى تشتمل عليها جداول القدماء ؛ لعدم اكتسابها الدرجة الكافية من الدليل العلمى الذى يكتسب من الفرض مميزاته الحقيقية ، على اعتبار أن « البرهان من القضية قائم مقام الروح من الجسد »[2] ، كما يقول : « والقضية التى تفتقر إلى البرهان لا يمكن الوثوق بصحتها مهما كان مصدرها . وإن عملية البرهان فى القضية مسألة تتطلب الجهد العقلى المعمق للوصول إلى أقرب ما يمكن أن تناله قضية الفرض فى التثبت »[3] .

ولقد واصل أبو نصر بن عراق عمله العلمى فى تصحيح الفروض التى تحملها بعض الجداول ، بقدر ما يلوح له البرهان فى خطئها ، مؤكدا أن طبيعة الفرض يجب أن تنال كامل الرعاية فى التثبت من النتيجة فيها . ومن هنا قام ابن عراق بالتثبت من طبيعة الفرض العلمى عن طريق المشاهدات الفلكية ، ومدى انطباقها على ذلك الفرض ، ساعيا بكل جهده لأن يكون عمله فى جدوله مكتسبا الدرجة الصحيحة فى البرهان ، وبذلك يقول « قد أتينا على ما تقدم الوعد به فى تسهيل السبيل إلى إتقان العلم بالطالع وقت الحاجة إليه ، وسائر ما يتصل به وينتج فيه على ما أوجبته البراهين الهندسية الحقيقية ، فقد أتممنا

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى ٤/١ .

(٢) البيرونى : نفس المصدر ٤/١ .

(٣) رسائل البيرونى : رسالة استخراج الأوتار ص ٢٢٠ .

ما أردنا ، وأنجزنا الوعد بما صممنا »[1].

واستنادا إلى هذه القاعدة العلمية ضمّن ابن عراق جدوله جملة فروض علمية أثبتها بطريقة برهانية ، وهذا ما كان يسعى إليه فى بحوثه الفلكية مؤكداً ذلك بقوله « إنما حاجتنا أن يتضح لنا بطريق التعاليم[2] أن المدارات التى ترسمها الكواكب دورية »[3] وهذا تأكيد على أن فرضه القائل بدورية حركة الكواكب جاء عن طريق استخدام المنهج الرياضى ، ثم يصرح فى موضع آخر أن البرهان هو الذى أرشده إلى القول بأن حركات الشمس والقمر ذات شكل دائرى [4] ، وهذه النزعة الرياضية فى التعبير عن طبيعة الفرض العلمى تأكيد لما سلكه ابن عراق فى فروضه العلمية ، والتعبير عنها بصيغ رياضية .

ويصرح ابن سنان بأن التعليل الفكرى لظاهرة ما يجب أن يخضع لمفهوم التثبت العلمى ، وعندها يمكنه ألبت فى طبيعة الفرض إذا اكتسب الدقة العلمية ، ويتحدث فى هذا بقوله « وخطر ببالى أمر ظننت أنه السبب فى تغير القوس الذى بين الانقلابين ، وحركة البعد الأبعد مع طريق واضح لاح لى فى تحصيل حركات الشمس فى الفلك الخارج المركز على الصحة ، فانتظرت أن أرصد فأستشهد بالرصد على ماوقع لى بالفكر »[5] .

وبذلك استخدم الرصد للتثبت من الفرض الفكرى الذى تكهن به أولا .

الفروض فى علم الطبيعة :

حدد الحسن بن الهيثم طبيعة الفرض فى البحث العلمى باعتباره صيغة قابلة للبرهان فيقول « تخيلنا أوضاعا ملائمة للحركات السماوية ، فلو تخيلنا أوضاعا أخرى غيرها ملائمة أيضا لتلك الحركات لما كان لذلك التخيل مانع ؛

---

(١) رسائل نصر بن عراق إلى البيرونى ، طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٩٤٨م « رسالة جدول الدقائق ص ٣٥ » .

(٢) الطرق الرياضية البرهانية .

(٣) رسائل ابن عراق إلى البيرونى : رسالة كرية السماء ، ص ٢ .

(٤) المصدر السابق : ص ١١ .

(٥) رسائل ابن سنان : كتاب فى حركات الشمس ص ٦٥ .

لأن لم يقم البرهان على أنه لا يمكن سوى تلك الأوضاع أوضاع أخرى ملائمة مناسبة لهذه الحركات »[1] .

وهو هنا يشير إلى أن التخيل يساعد على وضع تصورات كثيرة عن الظاهرة محل الدراسة ، وأن هذه التصورات هى صيغ يمكن التثبت من صدقها العلمى . ولهذا يمكن وضع فروض أخرى مختلفة لنفس الظاهرة ، كلما اختلفت وسائل إدراكنا ، وتطورت أجهزة القياس التى نستخدمها .

ولعل هذه القاعدة الخاصة بالتثبت بالبرهان من صدق الفرض العلمى ، والتى استخدمها الحسن بن الهيثم فى بحوثه البصرية ، هى التى أصبحت فيما بعد الأساس الذى اعتمد عليه علماء البصريات الغربيين فى بحوثهم العلمية فى العصور الوسطى[2] .

ولقد كان ابن الهيثم يضع فروضه على أساس الملاحظة والتجربة ، ومن دراسته تلك الظاهرة الخاصة بطبيعة الشفيف (الوسط) الذى يمر من خلاله الشعاع ـ حيث بين أن مسارات الأشعة الضوئية تختلف باختلاف الشفيف ، حيث يقول « إن كل شعاع يمتد في جسم مشف ثم يلقي جسما آخر مشفا ، ويكون شفيف الجسم الثانى أغلظ من شفيف الجسم الأول الذي امتد فيه ، فإنه يتعطف فى الجسم الثاني ، ويكون انعطافه فى الجسم الثاني أكثر غلطا ، وكانت زاوية الانعطاف أعظم . وإن كل شعاع يمتد في جسم مشف ، ثم يلقي جسما آخر مشفا ، ويكون شفيف الجسم الثانى ألطف من شفيف الجسم الأول ، فإنه يتعطف في الجسم الثانى »[3] .

ويتضح من النص أن ابن الهيثم يدرس الاحتمالات التى تترتب على اختلاف الوسط ، وما يسببه الاختلاف فى زاوية الانكسار (الانعطاف) ثم

---

(١) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية جـ ١ ص ٧٥ .

(2) Crombi , A.G.: Augstine to Galilio, London 1969, Vol . I P . 113.

ويلاحظ : - Dampier W.C : A history of science cambridge 1966 P. 75 .-
Hell , Joseph ; Civilization , cambridge 1962 P. 89 .

(٣) ابن الهيثم : رسالة فى الضوء (ضمن مجموع رسائل ابن الهيثم) طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٩٥٧ هـ ص ١٤ وما بعدها .

يعمم بعد أن يستنتج تلك الفكرة بحسب اختلاف الوسط : أنه كلما ازداد سمك المشف (الوسط) غلظا وسمكا ازدادت ظاهرة الانكسار ، ومن هنا تظهر العلاقة الطردية بين مسار الضوء وطبيعة الوسط المشف ، ولكى يتحقق ابن الهيثم من فرضه العلمى هذا ، ساق برهانا يؤيد ما ذهب إليه ، حيث دلل من خلاله على كشف العلاقة بين سعة الزاوية وطبيعة الوسط الذى يسير منه الشعاع الضوئى ، مستنتجا ذلك بواسطة الملاحظة والتجربة ، ثم تعميم العلاقة الاطرادية بين الزاوية الشعاعية وطبيعة الوسط المشف ، أى : كلما ازدادت الشفافية فى الوسط صغرت الزاوية بين العمود المقام والخط الشعاعى وبالعكس[1] .

وتدل الجداول التى أعدها ابن الهيثم لزوايا الدخول وزوايا الانكسار المقابلة لها عند مرور شعاع الضوء من وسط إلى آخر ، كيف أنه كاد أن يكتشف قانون نسب الجيوب لأى زوجين معطيين من الوسط وهو القانون الذى عزى إلى سنيل Snell فيما بعد[2] .

كذلك استطاع ابن الهيثم أن يقيم الدليل على سير الأشعة فى خطوط مستقيمة فى الوسط المتجانس ، ودلل على ذلك بعدة تجارب علمية ، فالضوء « إذا دخل من ثقب مقتدر إلى بيت مظلم ، وكان فى البيت غبار أو أثير فإن الضوء الداخل من الثقب يظهر فى الغبار الممازج للهواء ظهورا بينا ، ويظهر على وجه الأرض أو على حائط البيت المقابل للثقب ويوجد الضوء ممتدا من الثقب إلي الأرض أو إلى الحائط المقابل للثقب علي سموت مستقيمة ، وإن اعتبر هذا الضوء الظاهر بعود مستقيم وحد الضوء ممتدا على استقامة العود ، وإن لم يكن فى البيت غبار »[3].

ويستقرئ ابن الهيثم جميع الأضواء كضوء الكواكب وضوء النار وغيرها ، ثم يعمم امتداد الضوء على سمت مستقيم فى الأجرام المضيئة بقوله « فيظهر

---

(١) المصدر السابق : ص ١٦ .

(٢) د. على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ص ٩٢.

(٣) ابن الهيثم : رسالة فى الضوء ص ٧ .

فى جميع ما ذكرناه أن إشراق الأضواء فى الأجسام المضيئة من ذواتها إنما يكون على سموت خطوط مستقيمة فقط »[١] .

ومن هنا « بسط ابن الهيثم » سير الكواكب ، وتمكن من تنظيمها على منوال واحد ، فكانت آراء جديدة أدخلها إلى العلوم الفلكية ، وهى لا تقل أهمية عن الآراء الجديدة التى نوه عنها فى الضوء ، حيث أدخل خط الشعاع الضوئى بدلا من الخطوط البصرية [٢] التى نادى بها أصحاب نظرية الشعاع ، وأصحاب نظرية الورود [٣] اليونانية ، حيث دلل بالتجربة على خطأ نظرياتهم وغموض أبحاثهم . وأثبت أن الضوء بسقوطه على الأشياء وارتداده للبصر ، يتيح لنا إدراك المبصرات .

وتوصل ابن الهيثم كذلك إلى اكتشاف سرعة الضوء ، بتجربة تعتمد على الملاحظة الدقيقة القائمة على التصور الهندسى ، مستخدما فى تلك التجربة آلة « المداومة » ذات الألوان المختلفة[٤] ، واستنتج منها أن الأضواء والألوان الممتزجة بها تحتاج إلى زمان محسوس للانتقال من مصدرها الذى تشرق فيه إلى المرور فى الأوساط المشفة ، أو السقوط على الأجسام الكثيفة .

من ذلك يتضح أن ابن الهيثم لا يصرح بصدق أى فرض من فروضه العلمية إلا بعد التثبت التجريبى والرياضى ، « فقد استدل بوسائل الاستدلال العلمى على سير الضوء فى خطوط مستقيمة ، وعالج زوايا نفوذ الشعاع (المنفرجة - والمنحنية والمقوسة) التى بين موضع نفوذ الضوء وموضع سقوطه على الجسم

---

(١) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية ٥٩/١ .

(٢) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ص ٣٠٧ .

(٣) أصحاب الشعاع المتقدمون من أصحاب التعاليم الذين كانوا يفسرون الرؤية بخروج شعاع من العين إلى الشئ المبصر . وأصحاب الورود هم الفلاسفة الطبيعيون الذين كانوا يفسرون الرؤية أو الإبصار بورود صور المبصر أو شبحه من المتغير إلى البصر ، (راجع مصطفى نظيف : المصدر السابق ص ٣٢ وما بعدها) .

وأيضا :

Thomas , Heath, : A history of Greek mathematics (London 1921) Vol . II P.P. 293 - 295 .

(٤) كمال الدين الفارسى : تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر . طبع حيدراباد الدكن سنة ١٦٤٧هـ جـ ١ ص ١٧٤ وما بعدها .

الكثيف »[٢] ، وبذلك أدخل عنصرا هاما فى التثبت من صحة الفرض ، وهو الاستدلال الرياضى وهذا العنصر يعتد به فى الأبحاث والتجارب المعاصرة .

واستنادا إلى ما سبق فإن علماء المسلمين استطاعوا فهم طبيعة الفرض العلمى وحدوده المختلفة ، وأساليب تحقيقه على النحو التالى :

أولا : **يمثل الفرض لديهم مرحلة التكهن العقلى بمراحل سير الظاهرة محل الدراسة .**

ثانيا : إخضاع الفرض لوسائل التحقق التجريبى لإثبات خطأه أو صوابه .

ثالثا : التعبير عن الفروض بصيغ ومبادئ رياضية ، واستخدام لغة العد و القياس للتعبير عن صيغة الفرض بأقل لغة ممكنة ودقيقة .

رابعا : تنبه علماء المسلمين إلى ضرورة التعبير عن الخواص الكيفية بمقادير عددية ، لذلك استخدموا الأجهزة والآلات التى مدت من قدرة حواسهم على إدراك وصياغة نتائج بحوثهم فى رموز رياضية ، فحققوا بذلك أهم شرط من شروط البحث العلمى الحديث [٢] ، وكان لهم فضل السبق فى هذا المجال .

خامسا : تنبهوا إلى أن الفروض العلمية تكتسب صفة القوانين فى حالة التثبت من صدقها ـ إما بالحدس أو بالتجربة ـ ومن ثم يمكن اتخاذها صيغة علمية لتفسير سلوك الظواهر .

٤ ـ القوانين العلمية

فالقانون العلمى إذن يمثل اليقين النسبى لمرحلة تحقيق الفروض Verefication ، « إذ لا يصبح الفرض قانونا علميا إلا بشرط أن يضع الباحث جميع الفروض الممكنة ، وأن يبرهن على فسادها جميعا ما عدا فرضا لا يمكن معاوضته بشئ حاسم ، ويتفق مع جميع الحقائق المعروفة »[٣] ، فيصبح هذا

---

(١) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم جـ ١ / ١٢٤ .

(٢) د. توفيق الطويل : خصائص التفكير العلمى بين تراث العرب وتراث الغربيين ص ١٧٩ .

(٣) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ١٧٠ .

وأيضا : Russel , B, : Human Knowledge (London 1948) P. 329 .

الفرض قانونا علميا .

والقوانين الطبيعية التجريبية تستمد يقينها من كثرة الملاحظات والتجارب ، فهى ليست سوى صيغ يبتكرها العقل ، ويحاول جهده أن تكون مطابقة تماما للعلاقات الحقيقية التى توجد بين الظواهر .

والتجربة هى المصدر الأساسى لإثبات صدق ويقين هذه القوانين ، ومن ثم تكون هذه « القوانين تقريبية وأكثر احتمالا للصدق »[١] .

ولعل هذا هو الفارق بين القانون الطبيعى والقانون الرياضى ، الذى يعد قانونا عقليا « يعبر عن علاقة مجردة ، يستنبطها العقل من خواص الأعداد أو السطوح أو الأشكال التى يبتكرها ، دون ما حاجة إلى الملاحظة والتجربة ، فالقانون الرياضى علاقة وظيفية بمعنى الكلمة »[٢] .

ويؤكد رسل علي هذا المعني بقوله : « إن القانون الرياضى » لا يتوقف مطلقا علي الملاحظة ، بل يختص بالرموز ، وبإثبات أن مجموعات مختلفة من الرموز لها نفس المعنى وهذا الطابع الرمزى هو ما يمكن من دراستها دون الاستعانة بالتجارب »[٣] .

ومن أمثلة القانون الرياضى « مجموع عدد الزوايا فى أى شكل كثير الأضلاع تساوى ضعف عدد أضلاعه ناقصا أربع قوائم . فهذا القانون يعبر عن علاقة وظيفية عقلية بين عدد الأضلاع ومجموع الزوايا مهما كان عددها . ويمكن تطبيقه على مختلف الأشكال كثيرة الأضلاع . فإذا كان الشكل مكونا

---

(١) المصدر السابق : ص٢٢٨ .

(٢) نفس المصدر : ص ٢٢٧ .

(٣) برتراندرسل : النظرة العلمية ، تعريب عثمان نوية ، مراجعة د. إبراهيم حلمى عبد الرحمن ، طبع القاهرة ١٩٥٦ ، ص ١٠٢ . وقد ذهب أ.د. ريتش إلى نفس المعنى بقوله : إن درجة يقين القوانين لا تتأكد بكثرة الملاحظات والتجارب ذلك أن هناك قوانين كثيرة لها صفة اليقين ، لاتعتمد إلا على عدد قليل من الملاحظات :
Ritchie A.D., : Scientific method (London 1923) P . 57 .

من اثنى عشر ضلعا كان مجموع زواياه = (٢ × ١٢) - ٤ = ٢٠ زاوية قائمة »[١] .

ويلاحظ أن القانون الرياضى هنا لا يربط السبب بالنتيجة ، أو يعبر عن التغير النسبى بين خواص الأشياء ، كما هو شأن القانون الطبيعى ، وإنما يربط بين كمين يعادل أحدهما الآخر .

وفى العلم الحديث أصبح هذا الفارق بين القانون الطبيعى والقانون الرياضى ليس حاسما بالصورة التى أوضحناها ، إذ أن النتيجة فى القانون الطبيعى كما يقول كارل بيرسون « أصبحت تستخلص بالطرق الرياضية أو القياسية ، ثم يتم التحقق بعد ذلك منها بطريقة تجريبية »[٢] .

وقد أكدت السيدة سوزان استبنج على نفس المعنى بقولها « إن الفروض العلمية لكى تصل إلى مرتبة القانون ، لابد من التحقق من صدقها رياضيا وتجريبيا »[٣] .

ومعنى هذا أننا نقف على القوانين بالتجربة تارة وبالاستدلال الرياضى تارة أخرى ، وليس لاختلاف المصدر هنا أى تأثير فى يقيننا أو فى القيمة العلمية لهذه القوانين[٤] .

وقد قسم (وايتهد) من هذا المنطلق القوانين العلمية إلى ثلاثة أنواع أساسية :[٥]

١ ـ النوع الأول :

وهو النوع البسيط من القوانين . الذى يصف العلاقة بين الأشياء المحسوسة ، وهذا النوع من القوانين هو الذى يكون نظريات الأشياء المدركة بالحس

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ص ٢٢٧ .

(2)Pearson , Karl ; : The Grammer of Science (London 1946) P . 83 .

(3)Stebbing , Susan ; : Modern elementary logic (London 1960) P. 180 .

(٤)برتراند رسل : النظرة العلمية ص ٤٧ .

(5) Ritchie A. D., : Scientific method P. 156 .

Preceptual Objects وهى قوانين تأتى فى مرحلة التصنيف الأولية ، من حيث كونها قوانين وصفية للعلم .

٢ ـ النوع الثانى :

وهو النوع الذى يهتم بإدراك العلاقات السببية القائمة بين الأشياء المدركة بالحس . وتعبر عنها القوانينُ العلّيّةُ Causal laws القديمة ، وتستخدم لغة القياس بصورة محدودة .

٣ ـ النوع الثالث :

وهى القوانين التى تتعلق بالموضوعات العلمية ، وتعتمد هذه الأخيرة فى ثناياها على القوانين العددية Numerical laws ، وتستخدم لغة الأرقام ومبادىء القياس العلمى على أوسع نطاق . وتعتبر أساساً للمعرفة الحقيقية .

ويعقب أ . د . ريتش على هذا التقسيم بقوله « إن التطورات النظرية التى نشأت عن استخدام القوانين العددية ، ساعدت على إدخال الكثير من التعديلات على القوانين العلمية الحديثة منها :

١ـ أنها جعلت القوانين فى جملتها أكثر عمومية ، وأكثر دقة .
٢ـ ساعدت فى القضاء على العديد من التعقيدات التقليدية ، التى كانت تنشأ نتيجة الاعتماد على الصفات الكيفية فى فهم المادة ، واتخاذها كمعيار لمعرفة خصائصها وقوانينها »[1] .

ولعل أوضح مثال يمكن أن نسوقه على هذا النوع الأخير من القوانين العلمية الحديثة ، هو ما يتعلق بقوانين نيوتن فى الحركة والجاذبية Gravity من حيث كونها « لا تهتم بالصفات الكيفية بل تعنى فقط بالمعالجات الرياضية

---

(1) Ibid : P. 163 .

للمادة »[١] .

وذلك من منطلق أن الخصائص المشتركة فى علم الطبيعة يمكن التعبير عنها رياضيا[٢] ؛ ليصبح علم الطبيعة فى جملته مزيجا من الحدوس الجادة والقياسات الدقيقة[٣] ، والعلاقات التى تشبه العلاقات الرياضية فى دقتها .

ففى الطبيعة إذا أمكن تحديد الأسباب أمكن استنباط مسبباتها على نحو رياضى . وهذا يجعل الطبيعة خاضعة للرياضة كوسيلة إلى معرفة الطبيعة .

ولقد عبر ليون برنشفيج Leon Brunschwieg عن هذا الرأى فى كتابه «التمهيد للفلسفة الرياضية » بقوله « إنه ينبغى على العلم أن يتخذ لغة الكم بدلا من لغة الكيف »[٤] ، وهكذا جمع برنشفيج بين الاستقراء والقياس داخل المنهج العلمى ، وفى صياغة قوانين الفيزياء الرياضية الحديثة .

وقد تدبر الإسلاميون هذه الأمور المنهجية ، فتوصلوا إلى صياغة القانون الطبيعى والقانون الرياضى وقوانين الفيزياء الرياضية الحديثة .

فقد أدرك الإسلاميون بأسلوب علمى دقيق واقعية القانون العلمى باعتباره صيغة معبرة عن سلوك الوقائع والظواهر ، وأن هذه الصيغ الفكرية هى الفروض المثبتة فى حقلى الملاحظة والتجربة ؛ ولهذا يقول الفارابى فى تعريفه للقانون ، بأن « القوانين فى كل صناعة أقاويل كلية ينحصر فى كل واحد منها أشياء كثيرة مما تشتمل عليه تلك الصناعة وحدها ، حتى يأتى على جميع الأشياء التى هى موضوعة للصناعة أو على أكثرها »[٥] .

---

(١) وقد أكد بول موى على أن اكتشاف نيوتن لقانون الجاذبية Ibid: P.168 فى السنوات الأخيرة من القرن السابع عشر ، يعد نموذجا رائعا لتطبيق المنهج الرياضى فى علم الطبيعة (ينظر : بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ٢/١٢٢)..

(٢) برتراند رسل : النظرة العلمية ص ٤٧ .

(3) Moritzschlick ; philosophy of nature (New York 1949) P . 23 .

(4) Brunschwing (Leon : les etapes de la philosophie mathematique , Prais 1912 P. 579 .

(٥) الفارابى : إحصاء العلوم ، تحقيق د. عثمان أمين ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٩ الطبعة الثانية ص ٤٥ .

ويتضح من النص السابق عدة مفاهيم للقانون العلمى تتمثل فيما يلى :

أولا : أن القانون قول كلمات أى مفاهيم وصيغ فكرية عامة ، وهو ما يمثل الحكم الكلى المعبر عن التفسير العام للظواهر .

ثانيا : أن هذا المفهوم جاء نتيجة للتثبت عن طريق الملاحظة أو التجربة ، أى أنه قول مستقرئ لأنه يأتى على جميع الأشياء التى هى موضوعة للصناعة أو على أكثرها .

ثالثا : أن لكل صناعة معينة قانونا ينحصر تفسيرها من خلاله ، ولهذا تتعدد القوانين بتعدد الوقائع المختلفة .

ويرى الفارابى أن القدماء كانوا « يسمون كل آلة عملت لامتحان ما يحس أن يكون الحس قد غلط فيه ، من كمية جسم أو كيفية أو غير ذلك ، مثل الشاقول والبركار ، والمسطرة والموازين ، قوانين . ويسمون أيضا جوامع الحساب وجداول النجوم قوانين »(١) .

وفى ذلك تأكيد على أهمية استخدام آلات القياس والموازين فى صياغة القوانين العلمية ، كما أن الجداول الفلكية من جهة أخرى تعد قوانين تمت صياغتها فى صورة رياضية تساعده على تدوين الأرصاد فى لغة علمية دقيقة ، فهى تخضع لديهم للتعديل المستمر « فى حالة اكتشاف نتائج لا تتفق والجداول المعروفة ، ومعنى ذلك أن جدولا ما يكون بالنسبة للباحث بمثابة الفرضية التى يطرحها ، فإذا أيدتها المشاهدات والتجارب ، كان الجدول متينا أما إذا كان خلاف ذلك فمن الضرورى تعديله »(٢) ليصبح قانونا كما أوضحنا .

كذلك سلك الفيلسوف الكندى لجميع فروضه العلمية طريق التجربة والملاحظة لصياغة القانون التجريبى لظواهر متعددة ، كما فى ظاهرة التمدد والتقلص بفعل الحرارة ، وعلاقة الحركة بالحرارة ، وأثر الشمس بسبب اقتراب

---

(١) الفارابى : المصدر السابق ، ص ٤٥ .

(٢) د. ياسين خليل منطق المعرفة العلمية ص ٢٦١ .

بعض الكواكب منها [1] إلى غير ذلك من ظواهر طبيعية وفلكية أخرى .

كذلك أعطى ابن سينا مفهوما علميا حديثا للقانون وعلاقتة الحتمية فهو يرى أنه لا يمكن أن يتصف القانون بالحتمية المطلقة ، ذلك لأنه يؤدى إلى إغلاق باب الاجتهاد فى البحث العلمى ، وقطع الطريق على الإمكانات المتعددة فى مجال التجربة ، وإغفال ما عسى أن يتمحص عنه المستقبل من كشوف لا تطرأ على البال [2].

ولعل أوضح مثال على ذلك « عمل الزيجات والتقاويم الفلكية » [3] ذلك لأنها كما أشرنا تخضع للتغير المستمر بمقدار ما يتكشف للباحث من نتائج جديدة فى عمليتى : الرصد والملاحظة يقوم بتدوينها حسابيا فـــى جداوله .

وفى هذا المجال يكون القانون العلمى المترتب على تلك الفروض عبارة عن قانون وصفى لما يجرى فى عالم الطبيعة ، وبذلك يكون هذا القانون قابلا للتطوير تبعا لاتساع دائرة البحث العلمى ، وإن هذا النوع من الصيغ العلمية يعد فى الوقت الحاضر فروضا « وصفية مثمرة » ، وهى الفروض التى تصف « نوعا معينا من الظواهر لا مجرد وصف ، وإنما وصف يمكننا من فهم تلك الظواهر فهما دقيقا . وتتميز تلك الفروض بأنها فروض مؤقته تقبل التطوير » [4].

القوانين السببية *Causal laws* :

كذلك أدرك الإسلاميون معنى القانون السببى « الذى يقوم على الترابط العلمى بين الظواهر ، وتسوده ظاهرة الانتظام والجريان فى مستوى واحد ،

---

(١) الكندى : رسائل الكندى الفلسفية ، رسالة فى العلة الفاعلة للمد والجزر ٢/١١٥ ـ ١١٨ .
(٢) د. محمد فتحى الشنيطى : أسس المنطق والمنهج العلمى ، طبع بيروت سنة ١٩٧٠ ص ١٩٠ .
(٣) ابن سينا : تسع رسائل فى الحكمة : رسالة فى أقسام العلوم العقلية ص ١١٢ .
(٤) د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٥٠ .

وهو مايعبر عنه بمفهوم الاطراد أو التتابع المستمر بين الأسباب ونتائجها ، ولقد تجلى هذا القسم من القوانين فى حقول علم الطب والعلم الطبيعى .

يقول الرازى « إنا لما رأينا لهذه الجواهر أفاعيل كثيرة نافعة لا تبلغ عقولنا معرفة سببها الفاعل ولاتحيط به ، لم نر أن نطرح كل شىء لا تدركه وتبلغه عقولنا ، لأن فى ذلك سقوط جل المنافع عنا »[1] وهذا إدراك كامل لدور التفسير السببى والترابط العلّىّ فى تقدم المعرفة العلمية ، ولقد استند الإسلاميون فى التفسير السببى لهذه الظواهر إلى ظاهرة الاطراد ، التى يخضع لها الحدثان بشرط أن يكون هذا الاطراد خاضعا لمعيار التثبت والتجربة [2] على خط طويل ، فالترابط بين النتيجة وسببها لا يحصل بالاتفاق والعرض ، وإنما يجب أن يتم ذلك من خلال التكرار الطويل لحدوث الظاهرة ، ويقترب الشيخ الرئيس مثلا لهذا المعنى بقوله « مثل أن يرى الرائى أو يحس الحاس أشياء من نوع واحد يتبعها حدوث فعل وانفعال ، فإذا تكرر ذلك كثيرا جدا حكم العقل أن هذا ذاتى لهذا الشيء ، وليس اتفاقيا عنه ، فإن الاتفاق لا يدوم ، وهذا مثل حكمنا أن حجر المغناطيس يجذب الحديد ، وأن السقمونيا تسهل الصفراء » [3] .

ولهذا تكون النتائج تابعة لأسبابها ضمن مفهوم التتابع المستمر ، وعليه ربط الإسلاميون التفسير السببى بهذا النوع من الاطراد ، وصاغوا قوانينهم وفقا لهذا التصور عن الترابط العلى .

فقد أشار الحسن بن الهيثم إلى هذا النوع من القوانين بقوله « ونبدىء فى البحث باستقراء الموجودات وتصفح أحوال المبصرات ، وتمييز خواص الجزئيات ،

---

(١) د. محمد كامل حسين : طب الرازى طبع مصر سنة ١٩٦١ ص ١٣٩ ، وهذا المفهوم عن دور التفسير السببى فى الظواهر وخاصة مفاهيم علم الطبيعة ، هو المعنى الذى أكده فيما بعد ماكس بلانك (١٨٥٨ ـ ١٩٤٥م) ، وخاصة فى حقل الفيزياء ، فقد أوضح « أن مبدأ اللاجبرية يحد من مطامع البحث العلمى ، لكن يجب أن نعترف مع ذلك أن هذا المبدأ ليس من المستحيل أن نتصوره من الناحية المنطقية (ينظر د. عبد الرحمن بدوى : مدخل جديد إلى الفلسفة ، طبع بيروت سنة ١٩٧٥ ص ٩٣) .

(٢) جابر بن حيان : مختار الرسائل ، كتاب القديم ، ص ٥٤٦ وما بعدها، وأيضا: الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل ، مقالة فى ضوء القمر ، ص ٤٠ .

(٣) ابن سينا : البرهان ص ١٦٢ ومابعدها .

ونلتقط باستقراء ما يخص البصر فى حال الإبصار ، وما هو مطرد لا يتغير وظاهر لا يشتبه من كيفية الإحساس » (١) . وقول ابن الهيثم بأن هذا الاطراد « ظاهر لا يشتبه » إشارة واضحة إلى استبعاد حالة الشذوذ التى يكون عليها هذا الاطراد ، وهذا المعنى هو الذى يؤكده المنهج العلمى اليوم ذلك أن « مهمة العلم أن يكشف حالات الاطراد مثل قوانين الحركة وقانون الجذب التى ليس فيها شذوذ .، الذى تمتد إليه تجاربنا ، وقد كان نجاح العلم فى هذا نجاحا بارزا ، وإننا لنسلم بأن حالات الاطراد هذه بقيت صحيحة حتى الآن » (٢) . والمعنى ذاته أكده جول لاشيليه (١٨٣٢ ـ ١٩١٨ م) فى بحثه عن الاستقراء الذى قدمه عام ١٨٧١ ، والذى انتهى من خلاله إلى أن « الاستقراء يقوم على أساس مبدأ مزدوج هو : مبدأ العلل الفاعلية ومبدأ العلل الغائية ، والأول يقول : إن الظواهر تكون سلاسل ، فيها وجود السابق يعنى وجود اللاحق . والثانى يقول : إن هذه السلاسل تكون بدورها نظما فيها فكرة الكل تعين أو تحدد وجود الأجزاء » (٣) .

وهكذا يكون الإسلاميون قد آمنوا بضرورة التفسير العلمى على مستوى الاستقراء فى هذا الحقل من القوانين .

القوانين الرياضية *Mathematical laws* :

انتهى علماء المنهج المعاصر فى أواخر القرن الماضى وأوائل القرن الحالى إلى تقرير أن مالدينا من ملاحظات واكتشافات علمية لا ينطوى بالضرورة على علاقة علّيّة (٤)، وما كنا لنصل إلى الكشوف العلمية المعاصرة من نظريات الذرة والنسبية وغيرها إذا كان العلماء اقتفوا أثر مبدأ العلّيّة فى تقرير التعميم التجريبى ، ذلك لأن أسس تلك النظريات جميعا لا تنطوى على وقائع

---

(١) كمال الدين الفارسى : كتاب تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر ، طبع حيدر اباد سنة ١٣٤٧هـ الجزء الأول ص ١٤ .
(٢) برتراندرسل : مشاكل الفلسفة ص ٧٤ .
(٣) د. بدوى : مدخل جديد إلى الفلسفة ص ١٠٢ .
(٤) د. زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٣٩ ـ ١٤٠ .

محسوسة ندركها إدراكا حسيا ، وإنما تنطوى على موجودات لا يمكن إدراكها بالحواس ، « وتلك النظريات جميعا مصاغة صياغة رياضية صورية » [١] .

غير أن هذا الاتجاه لا ينفى كلية مبدأ السببية ، « إذ أن هناك كثير من القوانين العلمية مما تنطوى على علاقة عليّة ، وهناك أيضا عدد كبير من القوانين العلمية التى لا ينطوى على تلك العلاقة » [٢] ، حيث إن النظرية فى العصر الحديث « اضطرت إلى الانتقال من المنهج الاستقرائى إلى المنهج الرياضى الاستنباطى على الرغم من ضرورة وجود اتساق بين الوقائع الجزئية وأية نظرية علمية » [٣] .

وهذا ما يفسر لنا أن المنهج العلمى المعاصر يستخدم الاستدلال الرياضى واللغة الرياضية أداة تسير جنبا إلى جنب مع الملاحظة والتجربة ، بل قد تفضل الأداة الأولى على الثانية . وهذا يجعل الطبيعة خاضعة للرياضة وأن تكون الرياضة وسيلة إلى معرفة الطبيعة [٤] .

وإذا كان العلم المعاصر قد انتهى إلى هذه النتيجة الإجمالية بعد جولة ليست بالقصيرة فى ميدان العلوم المختلفة ، فما أقرب هذا المعنى إلى فهم الإسلاميين .

فقد أدركوا أن القانون العلمى الكامل ، هو القانون الذى يعبر عن العلاقة بين الظواهر بطريقة كمية قياسية دقيقة لا بطريقة كيفية وصفية .

ومن ثم قام علماء الطبيعة والرياضيات من المسلمين بتطوير الرياضيات ؛ لتكون أداة منهجية قادرة على التعبير عن نتائج العلوم الطبيعية ، وصياغة مبادئها العامة وقوانينها العلمية ، فقد ارتبط المنهج الرياضى بالمبادىء العلمية الطبيعية باشتقاق بعض النتائج العلمية من أجل التنبؤ بسير الظاهرة الطبيعية ، وصياغة القانون العلمى فى حقول الميكانيكا والضوء وعلم الفلك .

---

(١) المصدر السابق : ص ١٤٠ .

(٢) د. زكى نجيب محمود : الجبر الذاتى ، ترجمة د. إمام عبد الفتاح إمام طبع مصر سنة ١٩٧٣ ص ٢٠١ .

(3) Stebbing S , : A modern introduction to logic (London 1968) P. 310 .

(٤) محمد فرحات عمر : طبيعة القانون العلمى ص ٣٦ .

فقد استخدم الحسن بن الهيثم الهندسة والجبر فى حل مسائله الضوئية فى علم البصريات . « فقد وقف ابن الهيثم على القوانين التى تحكم تكون الصور فى المرايا الكروية والمرايا المشكلة على صيغة قطع مكافىء ، وعرف أسباب الزيغ الكرى والتكبير باستعمال العدسات ، وقد قدم نظرية أكبر صحة من تلك التى نادى بها الإغريق ، مبينا أن نظام العدسة فى العين نفسها هو الجزء الحساس ، كما تمكن ابن الهيثم من حل عدد من المشاكل العويصة فى الهندسة فيما يتعلق بالضوء ، فعلى سبيل المثال تمكن ابن الهيثم - بفضل تفوقه فى الرياضيات - من إيجاد حل لحالة سطح انعكاس لازيغى »[١] وبذلك أكد ابن الهيثم على استخدام العلوم التعليمية (الرياضيات) إلى جانب العلوم الطبيعية للوصول إلى صياغة دقيقة للقانون العلمى .

أما فى مجال الفلك ، فقد ظهرت الصياغة الرياضية للقانون الفلكى فى صورة الأزياج الحسابية ، التى تضمنت نتائج الأرصاد والقياسات الدقيقة ، والبراهين الهندسية والحسابية .

يقول ابن عراق « وإذا أتينا على ماتقدم الوعد به فى تسهيل السبيل إلى إتقان العلم بالطابع وقت الحاجة إليه وسائر ما يتصل به وينتج منه على ما أوجبته البراهين الهندسية الحقيقية »[٢] .

وهذا المنهج هو الذى مارسه البيرونى فى صياغة قوانينه الفلكية ، حيث كان يبرهن على نتائج أرصاده بطريقة هندسية وحسابية[٣] .

ومن أشهر القوانين الفلكية الرياضية التى توصل إليها البيرونى هى « قوانين الاستكمال »[٤] فى صورتها المبسطة ، والتى نسبت إلى نيوتن وجريجورى من بعده بستمائة عام . وكان توصله إلى هذه القوانين نتيجة للبحث فى دقة الجداول الرياضية السابقة وطرق استخدامها .

---

(١) د. على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ص ٩٣ .

(٢) ابن عراق (أبو منصور) رسائل ابن عراق إلى البيرونى ، رسالة جدول الدقائق طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٩٤٨ ص ٣٥ .

(٣) البيرونى (أبو الريحان) : رسائل البيرونى ، رسالة فى الأبعاد والأجرام طبع حيدر أباد الدكن ١٩٤٨ . ص ٢ .

(٤) هى القوانين التى تختص بإيجاد القيمة الدقيقة لجيوب الزوايا (يلاحظ : على أحمد الشحات : البيرونى ص ١٢٤ ومابعدها) .

وقد وجد أن الفترات المتساوية بين الزوايا لا تقابلها تغيرات متساوية فى النسب المثلثية [1] . وتأكيدا لهذه الحقيقة أثبت صحتها بالطرق الهندسية . وكان ذلك حافزا له على البحث للوصول إلى أدق القيم حين استعمال الجداول المثلثية ، وتعميم ذلك فى كافة الجداول الرياضية ونتيجة لذلك استطاع البيرونى التوصل إلى صياغة قانون الاستكمال مقربا بطريقة هندسية بسيطة .. وكانت فكرته كما يلى معبرا عنها بالاصطلاح الرياضى الحديث [2].

إذا زادت قيمة الزاوية من (س) إلى (س+ أ) تغير جيبها من (ج ١) إلى (ج٢) ، فإذا أزدنا الزاوية فترة أخرى من (س + أ) إلى (س +٢ أ) تغير الجيب من (ج٢) إلى (ج٣) . . ومع أن الفترات متساوية (=أ) إلا أن فروق الجيوب (ج٢ ـ ج١) ، (ج٣ ـ ج٢) غير متساوية .. فإذا أردنا إيجاد (ج) جيب الزاوية (س + أ + ب) واقعة بين (س+أ) ، (س+ ٢أ) بالطريقة العادية الشائعة كانت نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (أ) مساوية لنسبة الزيادة (ج ـ ج) إلى الفرق (ج٢ ـ ج٢) ، وذلك غير صحيح ، لأن فروق الجيوب لا تتناسب مع فروق الزوايا . ولكن ما حدث فى الحقيقة هو أن التغير فى الزاوية من (س +أ) الى (س + أ) صاحبه تغير تدريجى فى فروق الجيوب (لا فى الجيوب نفسها) من (ج ـ ج) إلى (ج٣ ـ ج٢) ، وعلى ذلك تكون نسبة الجزء (ب) إلى الفترة (أ) مساوية لنسبة فرق الجيوب المناسب (ج ـ ج ١) إلى الفرق (ج ٣ ـ ج ٢) ـ (ج ٣ ـ ج ١) . وبتعويض فرق الجيوب المناسب الخارج لنا فى القانون الشائع نحصل على قيمة أدق لجيب الزاوية .

كذلك توصل البتانى إلى القانون الأساسى لاستخراج مساحة المثلثات الكرية ، ويعتبر من أوائل فلكى المسلمين الذى اخترعوا أصول الرسم على سطح الكرة [3] .

ولقد كان لتوصل علماء الفلك المسلمين إلى صياغة القانون الفلكى

---

(١) يعتبر البيرونى هو أول من استخدم النسب المثلثية بمعناها الحديث بالرموز التالية :

جا = جيب .	ظا = ظل .	قا = قاطع .
جتا = جيب التمام	ظتا = ظل التمام .	قتا = قاطع التمام

(٢) على أحمد الشحات : أبو الريحان البيرونى ص ١٢٥ .

(٣) قدرى طوقان : العلوم عند العرب طبع القاهرة بدون تاريخ ص ١٢٣ .

بطريقة رياضية دقيقة ، واستخدامهم لحساب المثلثات فى دراستهم لمواقع الأفلاك والنجوم ، وفى رسم الخرائط الفلكية ، وعمل الأزياج والتقاويم أكبر الأثر فى « إحداث انقلاب فى أبحاث جوهان كيلر الذى استعان بالمثلثات للكشف عن القوانين الفلكية لحركة الأفلاك »[1] .

يتضح لنا مما سبق مدى تفهم علماء المسلمين لمنهج الاستقراء ولمراحل الدليل الاستقرائى . حيث فصلوا القول فى مراحله المختلفة من ملاحظة وتجربة وفروض ، وصياغة للقانون العلمى مدعمة بالمواصفات العلمية بالقدر الذى يتناسب ومعطيات ذلك العصر كما أوضحنا .

وقد تنبه الإسلاميون إلى أن استخدام المنهج الرياضى فى التثبت من مراحل الدليل الاستقرائى أمر ضرورى ، من حيث كونه أداة قادرة على التعبير بلغة رمزية قياسية مختصرة عن نتائج الملاحظات وقياسات التجربة والتثبت من صدق الفروض العلمية للتوصل إلى مرحلة القانون اليقينى المعبر عنه بصيغة رياضية تجعل أمر تطبيقه فى مختلف البحوث العلمية ضرورة مؤكدة .

وبذلك استطاع علماء المسلمين الوقوف على الطريقة العلمية المتكاملة فى البحث العلمى ، وتطويرهم لمنهج الاستقراء بما تتطلبه البحوث التجريبية فى العصر الحديث ، تلك البحوث التى تستخدم من المنهج الرياضى وسيلة أساسية لتطوير منهج البحث التجريبى .

وفى القسم التالى من البحث سوف نتعرض لدور العلم الرياضى فى تطوير طريقة البحث العلمى لدى علماء المسلمين فى مجالات علوم الطبيعة والكيمياء ، والفلك والجغرافيا والملاحة البحرية ؛ لتقف على مدى التطور الذى أحدثوه فى مجالات تلك العلوم نتيجة استخدامهم لهذا المنهج العلمى المتكامل فى البحث .

---

(١) د. ياسين خليل : منطق المعرفة العلمية ص ٦١ .

الباب الثانى

دور الرياضيات فى تطوير البحث العلمى عند المسلمين

الفصل الأول : فى مجال العلوم الطبيعية

الفصل الثانى : فى مجال العلوم الكيميائية

الفصل الثالث : فى مجال علوم الجغرافيا والملاحة البحرية

دور الرياضيات فى تطوير البحث العلمى عند المسلمين

تمهيد :

تنبه المسلمون إلى أهمية العلم الرياضى كعلم يقينى ثابت يرتبط بتقدم المعرفة البشرية ، فاطلعوا على مصادره الأولى من يونانية وهندية وغيرها ، ولم يقفوا منها موقف الناقل لهذا التراث ، بل استطاعوا تطوير الموضوعات الرياضية فى مجالات الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات تطويرا واعيا ، فابتكروا نظام الأعداد العربية الذى حل محل نظام الأعداد الرومانية المعقد ، كما توصلوا الى عدة اكتشافات فى نظرية الأعداد واستخراج المجهولات .

كما قدموا إسهامات بناءة فى تطوير علم الجبر وفى نظام الأعداد الحالى ، « كذلك أدخلوا الرمز فى الجبر كما تشهد على ذلك أعمال العالم الأندلسى القلصادى فى كتابه :« كشف أسرار الأستار عن علم (حروف الغبار) » [١]. ولا يخفى مدى تأثير اكتشاف الرموز على حل المعادلات الجبرية بدرجاتها المختلفة ، كما سهل إجراء العمليات الرياضية المعقدة .

كذلك ابتكر المسلمون الهندسة التحليلية ، عندما اكتشفوا العلاقة بين الجبر والهندسة مستخدمين طرائق جبرية لحل المسائل الهندسية [٢] « كما أنشأوا حساب المثلثات المستوى والكروى ، واستخدموه فى حل المسائل الفلكية ووضع الجداول المختلفة ، التى أدت بهم إلى اكتشاف اللوغاريتمات »[٣] . .

---

(١) هو أبو الحسن على بن محمد بن على القرشى البسطى المعروف بالقلصادى الأندلسى (عاش فى الفترة من حوالى عام ١٤١٢ ـ حتى عام ١٤٨٦ م) (د . على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ص ١١٨) .

(٢) المصدر السابق : ص ١١٩ : وأيضا : جلال مظهر : حضارة الإسلام وأثرها فى الترقى العالمى طبع القاهرة سنة ١٩٧٤ ص ٣٥٧ وما بعدها .

(٣) ينسب إلى على بن ولي بن حمزة المغربى ـ وهو صاحب كتاب « تحفة الأعداد لذوى الرشد =

كذلك من مآثر علماء المسلمين في العلوم الرياضية اختراعهم للصفر للدلالة على المنازل الخالية من الأرقام ، ولتسهيل حل المعادلات الطويلة المعقدة (١).

كما كان لتطبيقهم العلم الرياضي بفروعه المختلفة في مجال علوم الطبيعة والكيمياء والفلك والجغرافيا ، أثره الكبير في إعطاء هذه العلوم دفعة قوية في سبيل التقدم .

وسوف نعرض في الفصول التالية إلى دور الرياضيات في تطوير طريقة البحث العلمي في هذه الميادين الأساسية للمعرفة عند المسلمين ، كما سوف تركز على أقطاب العلم في كل فرع من فروع هذه العلوم دون غيرهم ، إذ أن التعرض للمنهج عندهم من واقع مصنفاتهم ، وهي كثيرة لا تكاد تحصى ، بعضها لا يزال مخطوطا فضلا عن فقدان البعض الآخر ، يعتبر أمرا يفوق الحصر ، ويخرج بنا عن نطاق البحث في أهم الإنجازات التي حققتها هذه الصفوة في مجال البحث العلمي .

= والسداد » وكتاب « تحفة الأعداد في الحساب » اشتغاله بالمتواليات وتمهيده لاختراع اللوغاريتمات (د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق : ص ١١٩).

(١) قدرى طوقان : تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك ، ص ٤٨ وما بعدها .

الفصل الأول

فى مجال العلوم الطبيعية

١ ـ علـم الضـــوء (المناظـــر)

٢ ـ علم الميكانيكا والأيدروستاتيكا

فى مجال العلوم الطبيعية

لم يبلغ علم الطبيعة عند اليونان إلا مرتبتى التخمين والمشاهدة ، ولم يعهد عن الأوائل إلا هاتين المرتبتين ولكن فى عصر العرب والإسلام نجد أن الأمر بخلاف ذلك ، حيث « نراهم قد بلغوا المرتبة الثالثة أعنى درجة التجربة Experimintation ، وكان مما نال على أيدى المسلمين حظ التحقيق مبادىء الميكانيكا والطبيعة ، فترى فى كتبهم أبحاثا ضافية « فى علم الطبيعة العام General phisics »[1] .

وقد شمل هذا العلم عند المسلمين مباحث علم الضوء (البصريات) optics وعلم الميكانيكا والأيدروستاتيكا Hydro - Statics وما تفرع عنها من دراسات لعلم توازن السوائل والضغط الجوى ، وحساب الكثافات النوعية للمواد المختلفة إلى جانب بحوث الجاذبية والمغنطيسية والكهربية .

ولقد كان لاستخدام التجربة العملية إلى جانب الاستعانة بأدوات العلم الرياضى من قياس وبراهين عددية أثره الكبير فى تطور علم الطبيعة عند المسلمين ، ووصولة إلى درجة تقارب إنجازات علم الطبيعة الحديث إلى حد كبير .

يقول جيمس كونانت : « إن علم الفلك والكيمياء وعلم الطبيعة (الفيزياء) إنما بنيت على أسس من القياس الدقيق ، قامت به أجهزة فى تصميمها حنكة وبراعة . وعدا هذا فالقيم التى خرج بها هذا القياس ماكانت لتكتسب خطورة إلا بسبب علاقاتها بصور رياضية ، كان من جراء تطبيقها أن رجع الباحثون إلى هذه الصور يزيدون فيها فيملأون بذلك الفكر النظرى بكل

---

(١) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء ، طبع القاهرة سنة ١٣٣٦ هـ ، (المقدمة : ص ز) .

طريف وجديد »[١] .

ثم يضيف معقبا على التطور الهائل الذى لحق بالعلوم الطبيعية فى القرن الثامن عشر من جراء تطبيق الرياضية على الطبيعة بقوله : « وفى القرن الثامن عشر ، عرف الناس كم تثمر الرياضة إذا مادخلت إلى الظواهر الطبيعية لتطبق فيها . عرفوا ذلك على الأخص مما صنع جاليليو »[٢] .

وقد جارى الدكتور توبياز دانتزاج نفس المعنى بقوله : « إن معلوماتنا العلمية التجريبية هى عبارة عن محاولة لمواجهة العالم الذى يحيط بنا ، والذى يتكشف لحواسنا لا عن طريق الإحساس ، وإنما عن طريق الإعداد . فقد ترجمنا اللون والصوت والحرارة إلى مرات تكرار الذبذبة وترجمنا الطعم والرائحة إلى معادلات كيماوية عديدة »[٣] حتى أصبحت الرياضيات والتجريب أكثر سيطرة الآن على علم الفيزياء .

استوعب المسلمون ـ قبل علماء أوروبا ـ هذه المعانى كلها وتمثلوها جيداً فجاءت أبحاثهم فى فروع العلم الطبيعى مطابقة بل وسابقة على كل ما أثبته العلم الحديث إلى حد بعيد .

لذلك سوف نتعرض فى هذا الفصل من البحث لمباحث المسلمين فى علم الضوء (المناظر) ، وعلم الميكانيكا والأيدروستاتيكا ، وكيف أنهم تمكنوا من استخدام العلم الرياضى كأداة رئيسية فى تطويع مباحث العلم التجريبى للقياس ولغة العدد بغية الوصول إلى طبيعة القانون العلمى الدقيق ، الذى يصلح للتطبيق فى مختلف مباحث العلم الطبيعى المختلفة .

علم الضوء (المناظر) :

يقول عنه ابن خلدون فى مقدمته « وهو علم يتبين به أسباب الغلط فى

---

(١) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم › ترجمة الدكتور أحمد زكى طبع القاهرة سنة ١٩٦٣ م ص ١٨١ .

(٢) المصدر السابق : ص ١٨٣ .

(٣) توبياز دانتزاج : العدد لغة العلم ، ترجمة د . أحمد أبو العباس طبع مصر (بدون تاريخ) ، ص ٣١٨ .

الإدراك البصرى بمعرفة كيفية وقوعها بناء على أن إدراك البصر « يكون » بمخروط شعاعى رأسه يقطع الباصر وقاعدته المرئى ، ثم يقطع الغلط كثيرا فى رؤية القريب كبيرا والبعيد صغيرا ، وكذا رؤية الأشباح الصغيرة تحت الماء ووراء الأجسام الشفافة كبيرة ، ورؤية النقطة النازلة من المطر خطا مستقيما ... بالبراهين الهندسية »[1] .

ويتضح من هذا النص أن علم المناظر كما عرفه المسلمون هو علم يقوم على أساس تفسير كيفية الإبصار ، وحالات نفوذ الشعاع ومدى انكساره وانعطافه ، وأثر ذلك على إدراك المبصرات ، ورؤية الأجسام من خلال الأوساط المشفة المختلفة . الكثيف منها واللطيف ، وذلك باستخدام التجربة والبراهين الهندسية النظرية التى تفسر مشاهدات التجربة وتؤكدها .

وأبرز من نبغ فى هذا العلم من علماء المسلمين هو الحسن بن الهيثم (٤٣٠ هـ ـ ١٠٣٩ م) ، الذى قال عنه سارطون « إنه أكبر عالم طبيعى مسلم ، ومن أكبر المشتغلين بعلم المناظر (الضوء) في جميع الأزمان »[2] ، ويقول عنه سيديو . ل : « إنه أشهر علماء العرب فى بحوث البصريات وكتابه « المناظر » جدير بالاعتبار لما فيه من آراء هندسية صائبة واسعة المدى [3] ، فهو كتاب يشرف به العرب ، ويجب علينا أن نعده مصدر معارفنا فى البصريات »[4] .

ومعنى ذلك أن الحسن بن الهيثم استطاع أن يجعل من علم المناظر علما طبيعيا ـ تعليميا (رياضيا) ، فنراه يقول فى ذلك « الكلام فى ماهية الضوء من العلوم الطبيعية ، والكلام فى كيفية إشراق الضوء محتاج إلى العلوم التعليمية من أجل الخطوط التى تمتد عليها الأضواء وكذلك الكلام فى ماهية الشعاع هو من العلوم الطبيعية ، والكلام فى شكله وهيئته هو من العلوم

---

(١) مقدمة ابن خلدون ، تحقيق د . على عبد الواحد وافى ، طبع دار الشعب بدون تاريخ ص ٣٦٢ .

(٢) جورج سارطون : العلم القديم والمدنية الحديثة ، ترجمة الدكتور عبد الحميد صبره ط القاهرة سنة ١٩٦٠ ص ٧٢ .

(٣) سيديو . ل : تاريخ العرب العام ، ترجمة عادل زعيتر ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٩ .

(٤) المصدر السابق : نفس الصفحة .

التعليمية ، وكذلك الأجسام المشفة التى تنفذ الأضواء فيها ، الكلام فى ماهية شفيفها من العلوم الطبيعية »[1] . ويستخلص من ذلك كله أن « الكلام فى الضوء وفى الشعاع وفى الشفيف يجب أن يكون مركبا من العلوم الطبيعية والعلوم التعليمية »[2] .

وفى هذا المعنى يجب أن يمتزج أسلوب التجربة مع أسلوب القياس والبرهان الرياضى .

لذلك فقد عالج ابن الهيثم مباحث الانعكاس والانعطاف وتعيين نقطة الانعكاس فى المرايا الكرية والاسطوانية ، والمخروطية ، المحدبة منها والمقعرة ، واستخدم الهندسة بنوعيها المستوية والمجسمة (الفراغية) إلى أبعد الحدود فى حلول كثير من القضايا المعقدة المتعلقة بالضوء وتناول دراسة تعيين نقطة الانعكاس على أساس منطقى سليم . فعنى أولا بوضع بضع عمليات هندسية ، هى فى ذاتها على جانب كبير من الصعوبة والتعقيد ، ذكرها وبين كيفية إجرائها ، ووضع لها البراهين المضبوطة ، ثم اتخذ هذه العمليات الهندسية مقدمات إلى الحلول التى أرادها لتعيين نقطة أو نقاط الانعكاس . ولم يقف عند هذه الحدود بل ساق لتلك الحلول براهينها الهندسية .. وعلى هذا فبحوثه ـ كما يقول مصطفى نظيف ـ « يمكن النظر إليها كوحدة واحدة تتكون من قسمين : أحدهما المقدمات الهندسية ، والثانى : الحلول العامة المبنية على تلك المقدمات »[3] .

ومما يؤكد على أهمية البرهان الهندسى عند ابن الهيثم مارواه البيهقى حيث يقول « وكان (يقصد ابن الهيثم) يقول فى بعض رسائله ، تخيلنا أوضاعا ملائمة للحركات السماوية ، فلو تخيلنا أوضاعا أخرى غير ملائمة أيضا لتلك

---

(١) الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل ، « رسالة الضوء » طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٣٥٧ ص ٢ .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع ، ويلاحظ أيضا : على يوسف المهندس بحث فى فلسفة الضوء طبع القاهرة (الطبعة الأولى سنة ١٣٣٦ هـ) ص ١٧.

(٣) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم ، بحوثه وكشوفه البصرية ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٣ جـ ٢ ص ٤٩٢ .

الحركات لما كان من ذلك التخيل مانع ، لأنه لم يقم للبرهان على أنه لا يمكن أن يكون سوى تلك الأوضاع أوضاع أخر ملائمة مناسبة لهذه الحركات » [١] .

ويتضح من هذا النص أن ابن الهيثم قصد الإشارة إلى الأوضاع المتخيلة للكواكب ، والتي لم يقم عليها برهان (بنظرية بطليموس) . فى حركات الأجرام السماوية ، حيث كانت الأرض فى تلك النظرية تعد ثابته المركز والنجوم الثوابت تتحرك حول قطب العالم حركة مستديرة ، وكانت الكواكب السيارة يعد الواحد منها متحركا حول محيط دائرة يتحرك مركزها حول الأرض حركة مستديرة .

وقوله بذلك يفيد صراحة بجواز قيام نظرية بجانب نظرية أخرى مادامت هى أيضا تلائم وتناسب الواقع المعلوم .

وابن الهيثم فى تفكيره هذا كما يقول مصطفى نظيف « قد أجاز استبدال النظرية الفلكية الحديثة بنظرية بطليموس قبل أن يضطر العالم إلى ذلك بعدة قرون ، بل هو قد أجاز الموقف الذى يقفه علم الطبيعة الحديث فى الوقت الحاضر إزاء نظرية الكم والنظرية الموجية مثلا »[٢]، وفى ذلك إدراك صحيح لما نسميه الطريقة الحديثة فى البحث العلمى . وهو الأمر الذى دفع روزبول إلى القول « بإن ابن الهيثم برهن على نظريات كثيرة فى علم الفيزياء الحديثة Modern Phisics كانكسار الضوء ، مما أدى إلى تقدم هذا العلم على ماهو عليه الآن .... فعمل ابن الهيثم فى البصريات يفوق عمل (إقليدس

---

(١) البيهقى : تتمة صوان الحكمة ، طبع الهند سنة ١٩٣٢ م ، ص ٨٨ .

(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم جـ١ ص ٣٦ وما بعدها ويلاحظ أن : النظرية الموجبة Wave theory ظهرت فى عام ١٨٠٠م لتفسير بعض الظواهر الصعبة فى الضوء ، فى مقابل النظرية القديمة التى قال بها ابن الهيثم وهى نظرية الدقائق Corspuscular theory الراسخة فى علم الضوء والبصرياتoptics حتى إذا ما انتصف القرن التاسع عشر أكد أحد علماء جامعة هارفارد على عدم كفاية النظرية الموجبة واستمر على إيمانه بنظرية الدقائق . ومع مطلع القرن العشرين عام ١٩١٢ ومع تحليل ظواهر امتصاص الضوء Absorption وانبعاثه Emission أصبح المؤكد عدم إمكان تفسير هذه الظواهر. تفسيرا مرضيا إلا من خلال نظرية الدقائق الضوئية (جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٥٢) .

وبطليموس) »[١] .

تفسير ظواهر الانعطاف والانعكاس هندسيا :

ولقد عبر ابن الهيثم عن مشاهداته التجريبية فى نفوذ الشعاع فى الجسم المشف على سموت مستقيمة بطرق رياضية تبين مسار الشعاع ، ثم انعطافه فى الأجسام المختلفة الشفافية . وقاس الزوايا الناتجة عن هذا الانعطاف ، يقول ابن الهيثم « إن كل ضوء يشرق على جسم مشف فإنه ينفذ على سموت خطوط مستقيمة ، والوجود يشهد بذلك ، ثم إذا امتد الضوء فى الجسم المشف وانتهى إلى جسم آخر مشف مخالف الشفيف للجسم الأول الذى امتد فيه وكان مائلا على سطح الجسم الثانى انعطف الضوء ولم ينفذ على استقامته .. والانعطاف يكون على زوايا مخصوصة وإذا كان الانعطاف من الجسم الألطف إلى الجسم الأغلظ كان الانعطاف إلى جهة العمود الخارج من النقطة التى عندها يقع الانعطاف القائم على سطح الجسم الأغلظ على زوايا قائمة . وإذا كان الانعطاف من الجسم الأغلظ إلى الجسم الألطف كان الانعطاف إلى خلاف جهة العمود . وإن الضوء إذا امتد فى الجسم الألطف وانعطف فى الجسم الأغلظ أحدث زاوية ما عند الانعطاف »[٢] .

وبيان ذلك رياضيا :

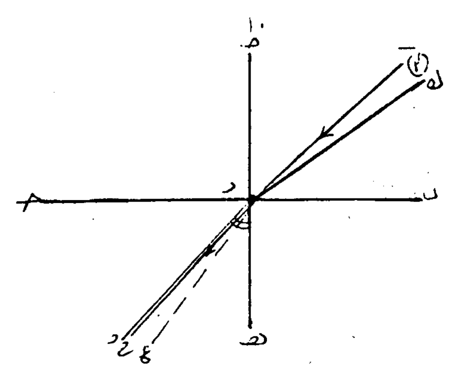
نمثل للجسم الألطف بالمستوى الذى تقع فيه نقطة أ المضيئة ، وهو مستوى عمودى على سطح الجسم الأغلظ على زوايا قائمة ، وليكن الفاصل المشترك بين السطحين الألطف والأغلظ المستقيم ب جـ .

فإذا خرج من نقطة أ شعاع أ د وليكن مائلا على خط ب جـ فإنه ينعطف على خط د جـ . ويخرج من نقطة د عمودا على سطح الجسم الأغلظ وليكن د هـ ويخرج أ د على استقامته إلى و .

---

(1) Ball (W.W. Rouse) : A short account of the history of mathematics (London 1927) P .78 .

(٢) الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل (رسالة الضوء) ص ١٣ ، ١٤ .



فعلى ذلك تكون زاوية د وهى زاوية الانعطاف . فإذا أخرج شعاع على خط جـ د ، انعطف على خط د أ وخرج بعيداً عن عمود هـ د ط فإذا كان مكان الجسم الألطف الذى فيه أ جسم ألطف منه انعطف شعاع جـ د على خط أبعد عن عمود دط يكون الانعطاف فى الجسم الذى هو أشد شفيفا على خط د ك .

فالشعاع الذى يمتد فى الجسم الأغلظ فينعطف على خط د أ يكون أقرب إلى عمود دط هـ وليكن ذلك الشعاع شعاع د ينعطف على خط دأ فإذا امتد شعاع على خط أ د وكان الجسم الألطف هو الجسم الثانى كان أشد شفيفا انعطف على خط د ع .

وإذا كان الجسم الألطف الذى فيه نقطة أشد شفيفا من الجسم الألطف الثانى كان الشعاع الذى يمتد فى الجسم الأغلظ ، وينعطف على خط د أ أقرب

إلى عموده من خط د ع ، وكذلك إلى عمود د هـ ، وكلما قرب الشعاع المنعطف إلى خط د هـ صغرت زاوية هـ د ع وتكون الزاوية التى تحدث بين الشعاع المنعطف وبين العمود بحسب الشفيف الذى فى الجسم الألطف ـ فيلزم من ذلك أن يكون كيفية الشفيف إنما هو بحسب الزاوية التى عند نقطة الانعطاف »[1].

ثم ربط ابن الهيثم بين كثافة الأجسام ونفوذ الضوء فأكد على ذلك بقوله « وإذا كان كل جسم كثيف يثبت الضوء فيه ، وكل جسم مشف ينفذ الضوء فيه فليس لثبوت الضوء علة غير الكثافة »[2] .

---

(١) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء ، طبع القاهرة سنة ١٣٣٦ هـ ص ٣٣ ـ ٣٤ .
(٢) المصدر السابق : ص ٣١ .

ثم يردف قائلا « وكل ما فيه كثافة أكثر كان شفيفه أقل وكلما كانت كثافة فيه أقل كان أكثر »[1] .

ومعنى ذلك أن ابن الهيثم عالج مسألة الشفيف وانعطاف الضوء فيه على زوايا مخصوصة تبعا لكثافة الوسط ، وأثبت بالبرهان الهندسى مقدار تلك الزوايا .

وقد فسر ابن الهيثم تبعا لذلك نظريته فى الأثرين « قوس قزح والهالة » ففيه أقام « ابن الهيثم هذا المبحث على النظر الطبيعى والنظر التعليمى وقال بلفظه « فلنقل فيهما قولا باحثا عن حقيقتهما على نحو ما تقتضيه الأمور الطبيعية ، والأصول التعليمية ، وبحسب ماهو مطابق للموجود من أمرهما »[2] . وبناء على ذلك عدد ما يوجد من الأمور الطبيعية ، وهو أن البصر يدرك البصر بالانعكاس عن سطح الجسم المشف ويدركه بالانعطاف من وراء المشف ، وأنه يدرك لونه فى الحالتين . تلك فى نظرة الأمور الطبيعية التى توجد فى الواقع عند التتبع والاستقراء . ثم عدد بعد ذلك الأصول التعليمية ، وأهمها باصطلاح العلم الحديث تساوى زاويتى السقوط والانعكاس ، فى رسالته فى المرايا المحرقة بالقطوع بقوله « إن من أشرف ما استنبطه المهندسون وتنافس فيه المتقدمون وظهر فيه بديع خواص الأشكال الهندسية ، وما يعرض عنها من الأمور الطبيعية اصطناع المرايا المحرقة شعاع الشمس »[3] .

ثم يعقب على ذلك بقوله « إلا أنهم (يقصد المتقدمين) لم يشرحوا البرهان على هذا المعنى ولا الطريق الذى استنبطوا ذلك شرحا مقنعا ولما فى ذلك من الفوائد العظيمة ، والمنافع العامة رأينا أن نشرحه ونوضحه ليحيط بعلمه من كانت له رغبة فى معرفة الحقائق ، ويعلمه من كانت همته فى علامات الأعمال فبيناه فى هذه المقالة ، ولخصنا البرهان على علم حقيقته ، وذكرنا طريق العمل فى اتخاذ وترتيب آلته ، وقدمنا الأصول التى يستعملها

---

(١) نفس المصدر : الموضوع نفسه .
(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية جـ١ ص ٤١ .
(٣) الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل (رسالة المرايا المحرقة بالقطوع) ص ٢.

المهندسون فى جميع أنواع المرايا ؛ ليهتدى إليه من التمسه ويدركه كل من رأيه كل المقدمات المتفق عليها »[1]. وبذلك يؤكد ابن الهيثم على أن النظرية العلمية يجب أن تكون نتائجها المنطقية والرياضية متفقة مع الواقع المشاهد فعلا .

أما فيما يختص بالتجارب التى أجراها فى كيفية امتداد الأضواء الذاتية ، التى تنبعث من الأجسام المضيئة بذاتها كضوء الشمس وضوء النهار والأضواء العرضية التى تشرق من سطوح الأجسام الكثيفة ، التى تستضيئ بضوء الأجسام المضيئة بذاتها كضوء الشمس ، وضعته كما ـ يقول الدكتور عبد الحليم منتصر ـ فى المقدمة بين علماء الطبيعة التجريبيين[2] . من جهة وفى مصاف علماء الرياضة من جهة أخرى .

فقد أكد ابن الهيثم على ضرورة استخدام البرهان الهندسى فى إثبات القضايا العلمية ، التى يصل إليها بالاعتبار (التجربة) . فنراه يقول فى رسالته عن ضوء القمر « فلنبتدئ الآن فنقول قولاجازما ـ ثبت من يعد بالبرهان أن جرم القمر إذا أشرقت عليه الشمس صار فى تلك الحال مضيئا من ذاته وصار الضوء الذى يخرج منه وينبسط على الأرض هو ضوء جرمه »[3] .

والبرهان الهندسى الذى ساقه ابن الهيثم يعد برهانا هندسيا محكما ، استطاع عن طريقه إثبات نتائجه مستخدما طرقا رياضية غاية فى الدقة[4].

وكان ابن الهيثم قد عاب من قبل على أصحاب (التعاليم) وغير أصحاب التعاليم من اليونانيين فى أن كلام الفريق الأول غير محقق[5]، وكلام الفريق الثانى يعتبره كلاما مرسلا لا مبرهناً[6].

(١) المصدر السابق : ص ٣ .
(٢) د . عبد الحليم منتصر : أثر الإسلام والعرب فى النهضة الأوربية ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٠ ص ٢٢٣ .
(٣) الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل (رسالة فى ضوء القمر) طبع حيدر اباد الدكن سنة ١٣٥٧ هـ ص ١٧ .
(٤) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء ص ٣٠ .
(٥) رسالة فى ضوء القمر ص ٣ .
(٦) نفس المصدر : ص ٣ .

وتفسير ذلك : أن الرأى الذى كان شائعا فى عصر ابن الهيثم لدى أصحاب التعاليم من الرياضيين ، أن ضوء القمر هو ضوء الشمس منعكسا عن سطحه إلى الأرض ، كما ينعكس الضوء عن سطوح الأجسام الصقيلة . فرأى أن يختبر صحة هذه النظرية ،« ومضى فى بحث هندسى متسلسل الخطوات غاية فى الدقة والإتقان يقدر الجزء من مساحة القمر ، الذى ينعكس عنه إلى نقطة من سطح الأرض الضوء الواقع من الشمس على سطح القمر بحسب ما يقتضيه كون السطح العاكس سطحا كريا محدبا »[1] .

فوجد أن ذلك الجزء يمثل جزءا صغيرا من سطح القمر ويقع فى الجزء الأوسط منه كما يبدو للعين ، وهو الأمر الذى لا يتفق البتة والواقع المحسوس المشاهد .

كما تناول فى بحثه أيضا « تأثير انعطاف الضوء عند نفوذه فى الطبقات الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية . وعلى هذه الصفة بين بطلان تلك النظرية »[2] واستطاع أن يثبت بذلك أن ضوء القمر هو ضوء ثانوى يشرق عن القمر كما يشرق الضوء الثانوى عن سطوح الأجسام الكثيفة ، التى تستضيئ بالأضواء المشرقة من الأجسام المضيئة بذاتها[3] ، وهو ما قال به العلم الحديث فى عصرنا الحاضر .

ثم طبق بعد ذلك نظريته على أضواء الكواكب ، والضوء المشرق من ضوء أبيض يستضيىء بضوء القمر أو ضوء النهار . « واستقصى الإضاءة الشديدة والإضاءة الضعيفة »[4] وحقق فى ذلك أهم شرط فى النظرية العلمية ، وهى أن تكون نتائجها الرياضية متفقة مع الواقع المشاهد .

لذلك فقد استخدم الحسن بن الهيثم الآلات الدقيقة فى تجاربه ، واستعملها فى بحوثه البصرية ، ولم يكتف بمجرد وصف كيفية استعمالها ، وإنما فى شرح مسهب بتفصيل كيفية صنع الأجزاء المختلفة التى تتركب منها الآلة ، حتى يتم

---

(١) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية جـ ١ ص٤٢ .

(٢) المصدر السابق : نفس الصفحة .

(٣) المصدر السابق : نفس الصفحة .

(٤) د . عبد الحليم منتصر : المصدر السابق ص ٢٣٣ .

تركيب الجهاز كله كاملا بأجزائه المختلفة ، وبتداريجه ومقاييسه المختلفة .

يقول ابن الهيثم فى استخدام أنواع المرايا ، وطريقة انعكاس الأشعة عنها « رأينا أن نشرح ذلك ونوضحه ليحيط بعلمه من كانت له رغبة فى معرفة الحقائق ، فبيناه فى هذه المقالة ولخصنا البرهان على علم حقيقته ، وذكرنا طريق العمل فى اتخاذه وترتيب آلته ، وقدمنا الأصول التى يستعملها المهندسون فى جميع أنواع المرايا ؛ ليهتدى إليه من التمسه ويدركه كل من رأيه المقدمات المتفق عليها »[1].

ويتضح من النص السابق أن ابن الهيثم بعد أن يثبت بالاعتبار واستخدام الأجهزة الصفة التى تنعكس عليها الأضواء فى كافة أنواع المرايا ، يستنبط منها بالبراهين الهندسية مواضع الخيالات التى ترى سواء أكان الانعكاس عن المرايا المستوية ، أو الكرية ، أو الاسطوانية ، أو المخروطية المقعرة ومنها المحدبة[2] .

مسألة الحسن : The Problem of ALHZEN

وللحسن بن الهيثم مسألة هامة فى هذا الجانب ، وهى التى تعرف عند الأوروبيين باسمه ، « وتقوم على فكرة تحديد موضع صورة نقطة مضيئة فى مرآة اسطوانية الشكل إذا ما عرف موضع كل من النقطة والعين »[3] أو بمعنى آخر « إذا فرضت نقطتان حيثما اتفق أمام سطح عاكس . فكيف يمكن تعيين نقطة على هذا السطح بحيث يكون الخط الواصل منها إلى إحدى النقطتين المفروضتين بمثابة شعاع ساقط ، والواصل منها إلى الأخرى بمثابة شعاع منعكس »[4] .

أى كيفية رسم خطين فى مستوى دائرة (على افتراض أن المرآة اسطوانية الشكل) يتلاقيان فى نقطة على المحيط ، ويرسمان زاويتين متساويتين مع

---

(١) الحسن بن الهيثم : مجموع الرسائل (رسالة فى المرايا المحرقة بالقطوع) ص٣.

(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية جـ ١ ص ٤٨ .

(3) Struik (Dirk J .) : A con cise history of mathematics (London 1964) P.42 .

(٤) مصطفى نظيف : المصدر السابق (الجزء الثانى) طبع مصر سنة ١٩٤٣ ص ٤٨٧ .

الخط العمودى فى تلك النقطة .

ويقول د. على عبد الله الدفاع أن هذه المسألة « تؤدى إلى معادلة جبرية من الدرجة الرابعة أ $س^{٤}$ + ب $س^{٣}$ = جـ ، وقد حلها ابن الهيثم بطريقة القطع الزائد ، أى بواسطة تقاطع دائرة مع قطع مخروطى زائـد »[١] .

ووجه الصعوبة فى هذه المسألة يكمن فى كون السطح العاكس اسطوانيا وليس مستويا . « وقد عالج ابن الهيثم فى كتابه (المناظر) حلولا مختلفة للمسألة من جميع نواحيها الخاصة والعامة ، وأورد حلا عاما لكل أنواع المرايا الكرية والاسطوانية ، والمخروطية المحدبة منها والمقعرة »[٢] ، مبرهنا على تضلعه فى علوم الرياضة ، وخاصة علم الهندسة . فقد وضع للمسألة مقدمات هندسية ووضع لها البراهين المضبوطة ، ثم اتخذ من هذه المقدمات أساسا للحلول التى أرادها لتعيين نقطة الانعكاس ، وساق لها أيضا براهينها الهندسية ، فبحوثه فى هذا الأمر « يجب أن تراعى كوحدة واحدة تتكون من قسمين أحدهمـا المقدمـات الهندسيـة ، والثانى الحلـول العامـة المبنيـة على تلك المقدمات »[٣] .

وقد تناول هذه المسألة (بالفحص والتحليل) العالم الهندسى المشهور كريستين هيوجنس (١٦٢٩ ـ ١٦٩٥م) ، ومن بعده الإنجليزى إسحاق بارو (١٦٣٠ ـ ١٦٧٧)[٤] وتفننوا فى عرض بعض نواحيها ، وخاصة ما يتعلق بالجانب الهندسى منها .

تلك أهم جوانب مبحث علم الضوء عند المسلمين ، وكيف أمكن تطويره على يد الحسن بن الهيثم الذى يعتبر أول من أرسى قواعد علم الضوء الحديث

---

(١) د . على عبد الله الدفاع : نوابغ علماء المسلمين فى الرياضيات ، طبع ونشر (دارجون وايلى وأبناؤه) نيويورك ١٩٧٨ م ص ١٣٩ .

(٢) مصطفى نظيف : المصدر السابق ص ٤٩٠ .

(٣) المصدر السابق ص ٤٩٢ وما بعدها : ويلاحظ أن المقدمات التى وضع ابن الهيثم لهذه المسألة ستة مقدمات ، أما العمليات فهى أربع عمليات هندسية ببراهينها المحكمة ، ولا يتسع المجال فى بحثنا هذا لذكرها خاصة وأنها تحتوى عمليات رياضية عالية المستوى .

(٤) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ١٣٩ .

القائم على التجربة ، والنظر الرياضى الهندسى وقد عرفت أعمال الحسن ابن الهيثم فى أوروبا خلال القرنين الثانى عشر والثالث عشر للميلاد بتفوقها على أعمال إقليدس وبطليموس[(1)]، وقد اطلع علماء الرياضيات الأوربيون على أبحاث ابن الهيثم فى الضوء فى ذات الوقت ، وذلك عن طريق أسقف كنتربرى عام ١٢٧٩م ، وعن طريق عالم الفيزياء اليونانى البولندى فيتلو Witolo [(٢)].

بحوث الميكانيكا والأيدروستاتيكا :

أولا : الميكانيكا (علم الحيل) :

عرف المسلمون علم الميكانيكا ، وأطلقوا عليه اسم (علم الحيل) وقد قسموه إلى قسمين أساسين :

« القسم الأول منه يبحث فى جر الأثقال بالقوة اليسيرة وآلاته ، والثانى فى آلات الحركات وصنعة الأوانى العجيبة »[(٣)].

كما أدركوا القواعد الأساسية فى علم الميكانيكا وعلم الأيدروستاتيكا[(٤)] على حقيقته وطبقوه لشرح بعض الظواهر المعروفة تطبيقا صحيحا . وسوف نعرض فى هذا الجانب ، لبحوث المسلمين البارزين من أمثال الحسن بن الهيثم ، والخازن والبيرونى ، وكيف أمكنهم التوصل إلى نتائج غاية فى الدقة فى تلك البحوث التى تتعلق بتطبيق العلم الرياضى على الظواهر الطبيعية ، وهو الأمر الذى اعترف به حديثا جيمس كونانت بقوله : « إن تطبيق الاستدلال الرياضى الهندسى فى العلم الطبيعى يمكن إيضاحه من تاريخ ذلك العلم المسمى بالأيدروستاتيكا ، أى علم موازنة السوائل ، والذى هو بعض فروع علم

---

(1) Sarton (G) : Introduction to the history of science (Baltimore 1931) Vol . II part II P . 761 .

(2) Rene Taton : History of science (New York 1963) Vol . 1 P . 82 .

(٣) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) ص ٣٢ .

(٤) علم الأيدروستاتيكا : أحد فروع علم الميكانيكا وهو العلم الذى يبحث فى توازن السوائل ، وفى ظواهر صعود مياه الفوارات والعيون إلى أعلى ، وشرح تجمع مياه الآبار بالرشح من الجوانب (مصطفى نظيف : علم الطبيعة : نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث ، طبع القاهرة سنة ١٩٢٧ ص ٣٢).

الميكانيكا . ودراسة تاريخ هذا العلم نافعة لأنه لشبهه ولقربه كل القرب من علم الهوائيات ، يصلح أن يكون مقدمة للبحث فى موضوع التجريب الكمى »[1].

فكأن بحوث الميكانيكا والأيدروستاتيكا هى البحوث التى يتضح خلالها أبعاد التجريب القائم على فكرة الكم والمقدار ، والذى لا يرقى الشك إلى نتائجه الرياضية وبراهينه الهندسية .

لذلك فقد تنبه الحسن بن الهيثم إلى هذه القضية وأهميتها ، فعالج نظرية انعكاس الضوء بطريقة ميكانيكية حديثة جدا ـ على حد قول الدكتور الدفاع ـ « حيث افترض أن الضوء شئ مادى ينعكس من الأجسام المصقولة ، كما ترتد الكرة من الجسم الصلب عند اصطدامها به » [2].

ثم يعقب على ذلك قائلا : « ومن المؤسف حقا أن الكثير من علماء الغرب يدعون خطأ أن إسحق نيوتن العالم الإنجليزى ، والذى عاش فيما بين (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧م) هو مبتكر النظرية »[3]. وهو ليس فى حقيقة الأمر إلا مجرد ناقل لها ، بل مسبوق بما لايدع مجالا للشك بما أثبته الحسن بن الهيثم فى هذا المجال .

ولنعرض لتفاصيل هذه النظرية :

افترض الحسن بن الهيثم أن انعكاس الضوء يمكن أن يمثل له بمثال ميكانيكى بحت ، ويتكون هذا المثال من بحث عن موضوع تصادم الأجسام ، وعالج منه ابن الهيثم ارتداد كرة صغيرة عند اصطدامها بجسم صلب ، ويشكل هذا الجانب كما يرى الأستاذ قدرى طوقان[4] أساسا تعليميا فى أبحاثه فى علم الضوء . وقد أورد الهيثم تجاربه وبراهينه الهندسية فى هذا الجانب فى

---

(١) جيمس كرنانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ١٨٣ .

(٢) د. على عبد الله القاع : نوابغ علماء المسلمين فى الرياضيات ص ١٤٥ .

(٣) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٤) الحسن بن الهيثم ، بحوثه وكشوفه البصرية جـ١ ص ١٢١ .

مخطوطه « المناظر »[1] .

الاعتبار الأول :

يسقط المعتبر كرة صغيرة ملساء من الحديد أو النحاس أو مايجرى مجراهما من موضع مرتفع علي مرآة مستوية من الحديد ، ثم يتأمل الكرة عند لقائها المرآة وبعده . وابن الهيثم فى وصف هذا الاعتبار يرى ألا يكون وزن الكرة أكثر من مثقال ، وألا يقل الارتفاع عن عشرين ذراعا ، ويبن أن الكرة بعد لقاء المرآة ترجع إلى جهة العلو ثم تهبط إلى جهة السفل ، وأنها إذا ألقيت من مسافة أكبر « كان انعكاسها عن المرآة أقوى وإلى مسافة أبعد ، وإذا ألقيت من مسافة أقرب كان رجوعها أقل »[2] وهذه التجربة بالرغم من بساطتها نجدها من التجارب التى لا يزال في الوقت الحاضر يمهد بها إلى دراسة تصادم الأجسام فى كثير من الكتب حتى الحديثة منها .

الاعتبار الثانى :

يتلخص فى أن تجعل المرآة المذكورة فى الاعتبار الأول ، فى جدار قائم على سطح الأرض بحيث يكون سطحها رأسيا ثم تقذف الكرة نحو المرآة بقوة . ويقترح ابن الهيثم أن تجعل الكرة (فى رأس سهم قوس من التى تقذف الحصى) ، وتقذف بقوة بحيث تكون حركتها أولا على استقامة العمود القائم على سطح المرآة ، وثانيا على استقامة خط مائل على سطح المرآة ومواز للأفق ، ويتأمل المعتبر الكرة فى الحالتين . وابن الهيثم فى بيان ما يشاهده فى الحالة الأولى يقول بلفظ « فإنه (أى المعتبر) يجدها ترجع على العمود نفسه القائم على سطح المرآة ، ويكون ذلك يدرك (كذا) بأن يدرك الكرة عند رجوعها موازية للأفق ، ثم لا تلبث الكرة بعد هذا الرجوع حتى تهبط إلى

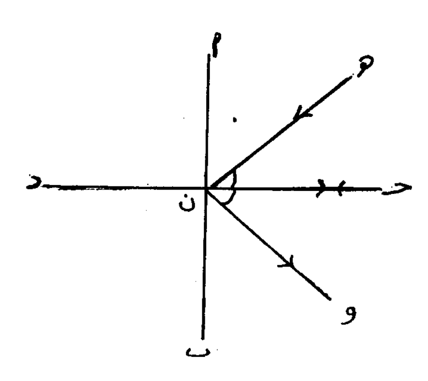
(١) لم يتوفر لدينا نسخة من هذا المخطوط لتعذر الحصول عليه ، لذلك عولنا على كتاب (الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية) بجزئية لتتبع المواضع التى ورد فيها ذكر المنهج فى مخطوط المناظر ، حيث توفرت للمؤلف نسخ مخطوط المناظر فى مكتبات اسطنبول . (ص ١٢٠ وما بعدها).

(٢) المصدر السابق : ص ١٢٢ .

أسفل »[١] .

ويقول فى بيان ما يشاهد فى الحالة الثانية « فإنه يجدها ترجع فى الجهة المقابلة للجهة التى فيها الرامى ، ويجدها فى أول رجوعها متحركة على خط مواز للأفق ومائل على سطح المرآة ميلا شبيها بميل السهم عند تفويقه إلى المرآة بالقياس إلى الحس . ثم لا تلبث الكرة حتى تهبط إلى جهة السفل للقوة الطبيعية المحركة لها إلى أسفل . وكلما كانت حركة القاذف أقوى فإنه يوجد رجوع هذه الكرة أقوى وإن اعتبر هذا المعنى بجسم غير المرآة ويكون فيه بعض اللين كالخشب أو ما يجرى مجراه وجد رجوع الكرة بقوة دون القوة الأولى »[٢].

ويشرح الدكتور على عبد الله الدفاع كيفية الارتداد هذه رياضيا على التحو التالى :



« لنفرض أن أ ب مانع ذا مقاومة قوية فإذا رميت الكرة من نقطة جـ فى الاتجاه الأفقى (الزاوية ٩٠درجة) فإن الكرة لا تمر من نقطة ن ، بل ترتد بعد الاصطدام إلى نقطة جـ أما إذا قذفت الكرة من نقطة هـ فإنها لا ترتد إلى نقطة هـ أو إلى نقطة جـ بل ترتد إلى نقطة و »[٣] ، بحيث تكون زاوية هـ ن جـ =

(١) المصدر السابق : ص ١٢٣ .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٣) د . على عبد الله الدفاع : نوابغ علماء المسلمين فى الرياضيات ص ١٤٥ .

زاوية جـ ن و وتفسير ارتداد الكرة فى المثال السابق يكون بتأثير قوى (الممانعة والمدافعة)[1] ، فحركة الكرة عند لقاء المانع عند ن تكون مركبة من مركبتين إحداهما فى اتجاه ن ب والأخرى فى اتجاه ن د ، والمركبة فى اتجاه ن ب تستبدل بها من جزاء الممانعة حركة فى اتجاه ن أ فإن كانت الممانعة فى الغاية كانت الحركة المكتسبة ن أ مثل الحركة الأولى فى اتجاه ن ب . أما المركبة فى اتجاه ن د فتبقى على حالها . وإذن تعتبر الحركة الحادثة مركبة من حركتين إحداهما فى اتجاه ن أ ، وتساوى المركبة الأولى فى اتجاه ن ب والأخرى المركبة الثانية فى اتجاه ن د ولذلك ترتد الكرة بعد التصادم على استقامة ن و بحيث تكون زاوية هـ ن جـ = زاوية حـ ن و .

وقد قاس ابن الهيثم على المثال الميكانيكى السابق انعكاس الضوء عن السطوح الصقال ، فكما أن الكرة فى المثال ترتد عن سطح الجسم الصلب المانع لها من الحركة ، فإن الأضواء ترتد عن السطوح الصقيلة على نفس المنوال . حيث إن خاصة الصقال فى السطح العاكس للضوء تماثل خاصية الصلابة فى الجسم المانع .

ونستنتج من الاعتبارين (التجريبيين) السابقين بعض المفاهيم التالية :

أولا : استعمل ابن الهيثم اصطلاح (قوة الحركة) فى المثالين السابقين بمعنى من قبيل الكم . وهذا بالنسبة إلى معلوماتنا فى الحاضر « إما أن يكون من قبيل معنى (كمية الحركة) أو من قبيل معنى (طاقة الحركة) ، لأنه ينص على أن (قوة الحركة) فى الجسم الهابط هى بحسب مسافة الهبوط وبحسب الثقل . وأنها فى المتحرك فى الاتجاه الأفقى بحسب قوة قذفه »[2].

---

(١) الممانعة : معنى كمى يمثل القوة الموجودة فى الأجسام ، والتى بمقتضاها يكون رجوع الجسم المتحرك عنها بحركة قوية أو ضعيفة ـ وهو ما يعرف حاليا باسم (معامل الارتداد) ـ أما المدافعة فهى كمية القوة التى يكتسبها الجسم المقذوف أثناء حركته ، وهو ما يعرف حاليا باسم (طاقة الحركة) (مصطفى نظيف : المصدر السابق ص ١٣٤) .

(٢) مصطفى نظيف : المصدر السابق ص١٢٤ .

ومن المعلوم أن التمييز بين معنى كمية التحرك ومعنى طاقة الحركة لم يكن فى مبدأ الأمر سهلا ميسورا . « وأنه قد أتى حين فى تاريخ علم الميكانيكا الحديث التبس فيه المعنيان ، وقام من جراء ذلك خلاف ظل نصف قرن أو يزيد بين مذهب ديكارت (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠ م) الفيلسوف الرياضى الفرنسى ، وبين مذهب ليبتر (١٦٤٦ ـ ١٧١٦ م) الفيلسوف الرياضى الألمانى »[١].

ثانيا : استخدامه لاصطلاح الممانعة ، واختلاف درجاتها فى الأجسام الممانعة المختلفة فيقول « إن الأجسام الثقال إذا سقطت إلى أسفل من موضع عال ثم لقيت عند مسقطها جسما صلبا كالصخر أو الحديد أو ما جرى مجرى ذلك ، انعكست فى الحال راجعة ويكون رجوعها بحركة قوية . وإذا لقيت عند مسقطها جسما رخوا كالرمل أو التراب أو ما شاكل ذلك انتشبت فيه ولم ترجع . وإن صادفت جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين كالحصى ، أو ما جرى مجرى ذلك فى اللين رجعت رجوعا ضعيفا »[٢] .

فكأن قوة الرجوع تتوقف على قوة الممانعة فى السطح العاكس ، وهذا المعنى « يتفق إلى حد كبير والفكرة الأساسية فى التجارب التى أدت بنيوتن إلى فكرة (معامل الارتداد) التى أدخلها عن تصادم الأجسام »[٣] ، وكأن ابن الهيثم يعبر عن المعنى المقصود بمعامل الارتداد بقوله (القوة الممانعة) .

ثالثا : إدراك ابن الهيثم أن الحركة مقدار موجه قابل للتحليل والتركيب بالمعنى المفهوم فى الوقت الحاضر ، « فهو يحلل الحركة الساقطة إلى مركبتين أو حركتين : إحداهما عمودية على السطح المستقيم ، والأخرى موازية له . تبطل الأولى عند التصادم بسبب ممانعة الجسم الصقيل لها . وتبقى الثانية لعدم

---

(١) مصطفى نظيف : علم الطبيعة ، نشوءه و رقيه وتقدمه الحديث ص ٣٢ ويلاحظ أن إسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧ م) قد حسم معنى كمية الحركة Momentum وشرحها بعبارة Quantity of motion ويمكن الوصول إليها بضرب الكتلة × السرعة ، وبمقتضاها توصل إلى قانون الجاذبية التى يمكن قياسها بموجب قوانينه الثلاثة فى الحركة (راجع : د . محمود زيدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٦٤ / ١٦٥) .

(٢) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية جـ ١ ص ١٢٥ .

(٣) المصدر السابق : ص ١٢٦ .

وجود ما يمنعها »[1] فلا هى تزيد ولا تنقص ولا يطرأ عليها تغير قط ، وإنما تبقى على حالها الأول[2] .

ومن ذلك يستنتج ابن الهيثم أن انعكاس الضوء يكون بزاوية مساوية لزاوية السقوط[3] لأنه يتولد من الحركة العمودية وعن ممانعة الجسم الصقيل لها حركة عمودية مساوية فى الاتجاه المضاد .

رابعا : إدراك ابن الهيثم لمعنى قانون القصور الذاتى ، وهو قانون نيوتن الأول الذى يعد من الدعائم التى يقوم عليها علم الميكانيكا الحديث . والقانون ينص على أن « الجسم يستمر فى الحالة التى هو عليها من سكون أو حركة مطردة فى خط مستقيم مالم تضطره قوة ما إلى تغيير تلك الحالة »[4] .

وقد أدرك ابن الهيثم ما ينصب من هذا المعنى على اتجاه الحركة ، حيث تبين مثلا من وصفه حركة الكرة فى التجربة الثانية بعد ارتدادها من السطح ، إذ يستدرك قائلا « ولا تلبث الكرة حتى تهبط إلى السفل للقوة الطبيعية المحركة لها إلى أسفل »[5] ، وتبين من أقواله التى يميز بها بين حركة الضوء وحركة الضوء فى الجسم المادى ، فهو ينص صراحة على « أن الضوء ليس فيه قوة تحركه إلى جهة مخصوصة ، وأنه إذا سار على سمت الاستقامة الذى أوجبه الانعكاس امتد على ذلك السمت غير منفرج عنه لعدم ما يوجب ذلك »[6] ، فهو يدرك المعنى المذكور من القانون ويعزى خروج الحركة من الاستقامة إلى قوة الفعل .

---

(١) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ص ١٠٦.

(٢) مصطفى نظيف : المصدر السابق ص ١٤٧ .

(٣) يلاحظ أن قانون الانعكاس الذى (ينص على أن زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس) كان معروفا قبل الحسن بن الهيثم لدى (بطليموس القلوذى) ، وأضاف عليه ابن الهيثم (أن تكون الزاويتان فى مستوى واحد) وهذا عين ما توصل إليه العلم الحديث (نظيف : علم الطبيعة ص ٤٢) .

(٤) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٦٤ .

(٥) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم ، بحوثه وكشوفه البصرية ص ١٤٨ .

(٦) نفس المصدر الموضع نفسه .

تلك هى أهم المعانى التى ضمنها الحسن بن الهيثم بحوثه الميكانيكية والمتعلقة بنظريته فى انعكاس وانعطاف الضوء ، وهى جملة مبادئ تسجل له السبق « فى تطبيق المعانى الرياضية على الظواهر الطبيعية وعلى نتائج التجربة »[1] . ويكفينا فخرا أنه حدد بدقة الموضوعات العلمية التي تشغل العلماء إلى الآن ، وأصبح له فضل وضع المنهج وشرح خطواته بحيث يمكن القول بأن جهود العلماء بعده أصبحت مجرد إضافة للقواعد التى عالجها عالمنا المسلم الحسن بن الهيثم فى مجال بحوثه الضوئية والميكانيكية .

ثانيا : بحوث الخازن والعلماء المسلمين فى الأيدروستاتيكا :

نال علم موازنة السوائل (الأيدروستاتيكا) حظا كبيرا من الدراسة على أيدى علماء المسلمين ، على اعتبار أنه فرع من فروع علم الميكانيكا .

فنرى فى كتبهم أبحاثا ضافية خاصة « بالميزان الأيدروليكى » ، الذى كان معروفا لديهم جيدا ببراهينه ونظرياته ، ومن أشهر هذه الموازين (الميزان ذو الكفات الخمس أو الميزان الجامع) المعروف باسم (ميزان الحكمة) للخازن ، وهو من علماء النصف الأخير من القرن الثانى عشر للميلاد .

ويعتبر كتاب (ميزان الحكمة) من أروع آثار الخازن ، ومن أنفس كتبه العلمية فى مجال العلوم الطبيعية عامة ، وعلم الهيدروستاتيكا خاصة[2]، وقال عنه سارطون : « إن أبحاثه تعد من أكمل البحوث وأجلها ، ومن أروع ما أنتجته العقلية الإسلامية فى القرون الوسطى »[3] .

---

(١) د. جلال موسى : المصدر السابق ص١٠٦ .

(٢) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ص ٢٠٠ : ويلاحظ أن الخازن ألف هذا الكتاب فى عام ١١٣٧ م .

(3) Sarton G . Introduction to the history of science P. 352 .)

يقول الخازن عن ماهية الكتاب وفوائده :

فعن ماهيته يقول :

إنه ميزان العدل مبنى على البراهين الهندسية ومستنبط من العلل الطبيعية[1] ، بمعنى أن الخازن يستخدم فيه البراهين الهندسية للتحقق من صدق النتائج التجريبية ، فهو ميزان يجمع بين النظر التعليمى والنظر الطبيعى ، ومركب من صناعتى الهندسة والطبيعة ويجمع بين مقولتى الكم والكيف .

أما عن تعداد فوائده يقول[2] :

١ـ دقة الوزن (حيث) يظهر منه تفاوت مثقال أو حبة .
٢ـ يتحقق به صميم الفلز من مغشوشه آحاد آحاد منها من غير تخليص .
٣ـ يعرف به مافى الجرم الممتزج بجرم آخر من الفلزات .
٤ـ يعرف به فضل وزن أحد الفلزين على الآخر فى الماء إذا استوى وزنهما فى الهواء ، وعكسه فى الهواء ، إذا استوى وزنهما فى الماء ، ونسب حجم بعضها إلى بعض من وزنهما منهما (وهو ما يعرف الآن بإيجاد الوزن النوعى للعناصر) .
٥ ـ يعرف به جوهر الشىء الموزون من زنته ، بخلاف سائر الموازين .
٦ـ وهو الغرض الأقصى فيه وهو معرفة حقية الجواهر الحجرية كالياقوت واللعل ، والزمرد واللؤلؤ ؛ لأنه الحكم الحق بينها وبين أشباهها وملوناتها المغشوشة .

وقد قسم الخازن الكتاب إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

الأول : « منها فى الكليات والمقدمات نحو الثقل والخفة ، ومراكز الأثقال ومقدار غوص السفن فى الماء واختلاف أنساب الوزن »[3] وهو قسم يتعلق بدراسات تحديد مراكز الأثقال وضغط السوائل والضغط الجوى ، وهى بحوث

---

(١) الخازن (أبو الحسن على بن محمد) : كتاب ميزان الحكمة ، طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٣٥٩ هـ ص ٦.
(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .
(٣) الخازن : ميزان الحكمة ص ١٠ .

سبق بها تورشيللى ويويل وغيرهم من علماء العصر الحديث . واستخرجوا بها مراكز ثقل الأجسام بالطريقة المعروفة بين الأوربيين باسم Graphics [١] .

الثانى : « منه فى صيغة الميزان وامتحانه ، وإثبات مراكز الفلزات والجواهر عليه .. وتحقيق الفلزات »[٢] وأبحاث هذا القسم تتعلق بما يعرف الآن بدراسات الكثافة النوعية للمواد ، وقد عرض الخازن لآراء البيرونى فى هذا الجانب والخاصة بتحديد الكثافات النوعية لمجموعة من العناصر والمواد .

الثالث : منه « يشتمل على طُرَفَ الموازين ومُلَحِهَا .. وميزان تسوية الأرض على موازاة السطح الأفقى .. وميزان الساعات ويعرف به الساعات الماضية من ليل ونهار وكسورها بالدقائق والثوانى »[٣] . ، وأبحاث هذا القسم تتعلق بميزان التسوية الذى يعرف عند المساحين والمهندسين فى زماننا هذا بميزان روح التسوية Spirit level ، وقد ابتدعه المساحون المسلمون وفلكيوهم لما عهد عنهم من شدة اعتنائهم بالآلات المساحيه لتوزيع أراضى الزراعة .

أما ميزان الساعات فإنه يشبه إلى حد كبير جهاز الكرونومتر Chronometer ، والساعات الزمنية المعروفة لدينا فى هذا العصر[٤].

وسوف نعرض بالتفصيل لبحوث هذا الكتاب القيم للخازن فى مجالات (تحديد مراكز الأثقال - قياس الضغط الجوى - إيجاد الكثافة النوعية للمواد) على اعتبار أنها آراء تمثل قمة ما وصل إليه علماء المسلمين فى مجالات : الأيدروستاتيكا ، والهيدرولكى .

---

(١) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء (ص /س) .
(٢) الخازن : المرجع السابق ص ١٠ .
(٣) الخازن : المرجع السابق ص ١٠ .
(٤) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء (المقدمة ص ز / س).

تحديد مراكز الثقل ومحاور الارتكاز :

عرف المسلمون علم مراكز الأثقال بأنه علم « يتعرف منه كيفية استخراج ثقل الجسم المحمول ، والمراد بمركز الثقل حد فى الجسم ، عنده يتعادل بالنسبة إلى الحامل .. »[1] .

وقد ضمن الخازن هذا التعريف فى جملة المبادئ التالية[2]:

١ـ الجسمان المتعادلان الثقل عند نقطة مفروضة هما اللذان إذا ضما إلى جسم ثقيل تكون تلك النقطة مركز ثقله ، وصار مركزا ثقلهما على جنبتى تلك النقطة على خط مستقيم يمر بتلك النقطة .

٢ـ كل جسم ثقيل فإن كل سطح مستو يخرج من مركز ثقله فإنه ينقسم بقسمين متعادلى الثقل .

٣ـ كل جسمين ثقيلين يصل بينهما جسم ثقيل يكون مركز ثقله على الخط المستقيم الذى يصل بين مركزى ثقلهما .

٤ـ كل جسمين متوازيى السطوح متساويين فى القوة وارتفاعهما متساويين ، وارتفاعهما على قواعدهما على زوايا قائمة فإن نسبة ثقل أحدهما إلى ثقل الآخر كنسبة عظم أحدهما إلى عظم الآخر .

٥ـ كل جسمين متعادلى الثقل عند نقطة مفروضة فإن نسبة ثقل أحدهما إلى ثقل الآخر كنسبة قسمى الخط الذى يمر بتلك النقطة ويمر بمركزى ثقلهما أحدهما إلى الآخر .

ويتضح من هذه المبادىء جملة المعانى التالية : [3]

١ـ التحديد الدقيق لمحاور الارتكاز ومراكز الثقل واتزان القبان واستقرار الميزان ، وهى أمور لها شأنها فى مسائل الروافع وحمل الأثقال ونقلها .

---

(١) ابن خلدون : المقدمة ص ٣٦٥.

(٢) الخازن : ميزان الحكمة ص ١٧ وما بعدها .

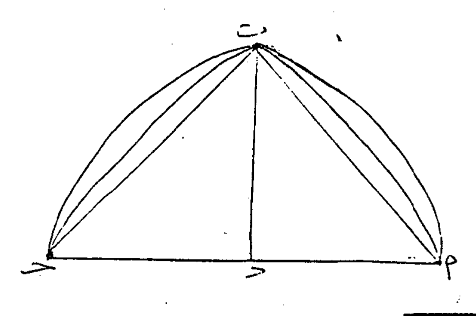
(٣) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء (المقدمة ص /س) .

٢ـ استخدام الخازن للوسائل الهندسية فى تحديد نقطة الارتكاز ومراكز الثقل .

٣ـ كان الخازن على دراية بقوانين القوى وخواص الروافع . وقد مهد بذلك لاستخدامها فيما بعد فى هندسة المعمار . وأفاد منها ابن الهيثم فى كتابه : علم الحيل وجر الأثقال « وأبو سهل الكوهى »[1] الذى توسع فيما بعد فى مسألة تحديد مراكز الأثقال بالبراهين الهندسية .

ويتضح ذلك من رسالة أرسلها إلى « أبى إسحق الصابى » الكاتب المعروف فى ذلك العصر ردا على خطاب وجهه إليه يستفسر فيه عن مسائل خاصة بمراكز الأثقال ، ومسائل هندسية أخرى جاء فيها « .. وأما مراكز الأثقال فيبقى منها شيء يسير حتى يتم ست مقالات متوالية ، أربع منها عملتها ها هنا بالبصرة ، واثنتان هناك ببغداد . أما فى الأربع مقالات التى عملتها ها هنا فقد ظهر لنا فيها أشياء عجيبة ، تدل كلها على نظم أفعال البارى عز وجل .

منها أنه إذا أدرنا نصف دائرة أ ب حـ التى مركزها د ، مع القطع المكافىء الذى سهمه خط ب د ، ومع المثلث أ ب حـ حتى يحدث من إدارة الدائرة نصف الكرة ، ومن القطع المكافىء مجسم المكافىء ، ومن المثلث مخروط ، فيكون المخروط مجسما للمثلث كالمجسم المكافىء للقطع المكافىء ونصف الكرة لنصف الدائرة ، فمركز ثقل مجسم المثلث ، أعنى المخروط يقع على نسبة الواحد إلى أربعة ، والمجسم المكافىء على نسبة اثنين إلى ستة ونصف الكرة على نسبة الثلاثة إلى ثمانية .



(١) أبو سهل الكوهى : أحد علماء الرياضة والفلك المشهورين فى أواخر القرن العاشر الميلادى .

أما مركز ثقل المثلث فعلى نسبة الواحد إلى ثلاثة ، والقطع المكافىء على نسبة الاثنين إلى خمسة ، ونصف الدائرة على نسبة الثلاثة إلى سبعة[1] .

والنسب المذكورة في النص عن مراكز الأثقال صحيحة (بلغة العلم الحديث) ، لولا أن النسبة ٣ : ٧ فى حالة نصف الدائرة تعتبر تقريبية « والذى أعجب به الكوهى ودلل به على نظم أفعال البارى ، إن النسب فى الحالات المذكورة بسيطة . ويمكن الحصول على النسبة فى المجسمات بأن يستبدل بالمنسوب إليه فى حالة المسطحات ، وهو العدد الفردى ٣ ، ٥ ، ٧ العدد الزوجى الذى يليه . كما أن التدرج من المثلث إلى القطع المكافىء إلى نصف الدائرة تدرج منتظم » [2] .

وعلى ذلك يتضح من كل ما سبق مدى تمكن أبو سهل الكوهى من العلم بمسائل تحديد مراكز الأثقال ، كما تدل على أن بحوثه فى هذا المجال كانت مبنية على نظرية أو مقدمة أثبتها بالبرهان الرياضى .

حساب الضغط الجوى :

وقد تضمن كتاب ميزان الحكمة أيضا بحوثا مفصلة عن علاقة وزن الهواء الجوى بكثافة الهواء . ويقصد الخازن بالوزن هنا ماتعبر عنه بالضغط الجوى Atmospheric Pressure ، فيكون بذلك قد سبق « تورشيللى »[3] Torricelli بخمسة قرون أو أكثر فى البحث فى الضغط الجوى . وبأن للهواء قوة رافعة كالسوائل ، وأن وزن الجسم المغمور فى الهواء ينقص عن وزنه الحقيقى ، وأن مقدار ما ينقصه من الوزن يتبع الهواء[4] .

---

(١) مصطفى نظيف : « علم الطبيعة » تقدمة ـ ورقية ص ٣٢ ، وأيضا : قدرى طوقان تراث العرب العلمى ، ص ٢٥٠ . ويلاحظ : أن (أبو سهل الكوهى) كان حريصا شأنه ـ شأن باقى علماء المسلمين ـ ، فى التأكيد على أن الاكتشافات العلمية ماهى إلا وسيلة أكيدة للتدليل على وجود خالق مدبر لهذا الكون ،. كما أنها وسيلة لتثبيت الإيمان وزيادته وتعميقه .

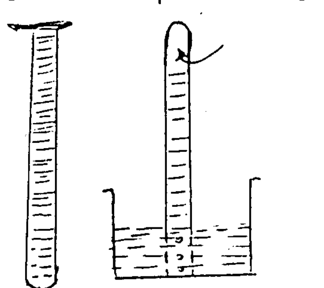
(٢) نظيف : المصدر السابق ص ٣٣ .

(٣)عالم رياضى فيزيائى إيطالى (١٦٠٨ ـ ١٦٤٧ م) تأثر بما كتبه جاليليو والتقى به فى فلورنسا ، وخلفها أستاذا للريضيات فى أكاديمية فلورنسا (طوقان : العلوم عند العرب ، ص ٢٠٣) .

(٤) د . عبد الحليم منتصر : أثر الإسلام والعرب فى النهضة الأوربية ، ص ٢٣٣ .

وتلك الفكرة بنى عليها تورشيللى بحوثه فى حساب الضغط الجوى فعنده الضغط الجوى ، إذا صح أن يحمل عمودا من الماء طوله ٣٤ قدما فهو لأن حامل عمود من الزئبق طوله ٣٤ ـ ١٤ = $\frac{٢٣}{٧}$ قدم ، مادام أن الزئبق أثقل من الماء ١٤ مرة تقريبا .

وتحقق توشيللى من صحة مازعم بالتجربة التى أجراها على النحو التالى:



خذ أنبوبة من الزجاج قطرها عرض أصبع ، وطولها ٣ أقدام ، وأحد طرفيها مغلق (كما فى الشكل) واملأها بالزئبق ملأ . ثم سد طرفها بإبهامك ولاتحبس بين إصبعك والزئبق هواء ولو فقاعة ، ثم اقلب الأنبوبة واغمس طرفها بالإصبع الذى هو عليه فى زئبق بصحن . ثم اخرج إصبعك ودع الزئبق حرا يفعل مايشاء . ويشاء الزئبق أن يهبط فى الأنبوبة إلى ٣٠ بوصة أو نحوها ثم هو يقف فلا يهبط فوق ذلك . وماذا فوق عمود الزئبق بعد هبوطه ؟ إنه الفراغ !!

وهو حقا فراغ كالذى صنعه تورشيللى يوم أجرى تجربته المشهورة ، واخترع على أساسه البارومتر لقياس الضغط الجوى[١] .

وتابع « باسكال »[٢] فيما بعد دراسة الضغط الجوى واستطاع أن يستنبط نتائج أخرى . وجاء « روبرت بويل »[٣] فأفاد من المشروع التصورى الذى

---

(١) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ١٠٨ ، ومابعدها ، ويلاحظ أن نظرية تورشيللى فى الضغط الجوى جاءت مضادة للرأى الأرسططاليسى القائل « بأن الطبيعة تكره الفراغ » .

(٢) هو « بليز باسكال Blaise Pascal العالم والفيلسوف الرياضى الفرنسى (١٦٢٣ ـ ١٦٦٢).

(٣) جيمس كونانت : المصدر السابق ص ١٢٥ / ١٢٦ .

ارتآه تورشيللى عن الهواء ، واستطاع اختراع المضخة الماصة الكاسبة ، كما توصل إلى القول بأن حجم الهواء يتناسب تناسب عكسيا مع ضغطه وعبر عنه بالمعادلة التالية :[1]

$$\frac{\text{ض}_1}{\text{ض}_2} = \frac{\text{ح}_2}{\text{ح}_1}$$ أى أن ض١ × ح٢ = ض٢ × ح١ .

(على اعتبار أن ض يمثل الضغط ، ض١ تمثل الضغط فى الحالة الأولى ، ض٢ للضغط فى الحالة الثانية ، وكذلك ح١ للحجم فى المرة الأولى ، ح٢ للحجم فى المرة الثانية) .

مما سبق قد يتبادر إلى ذهن البعض أن تورشيللى ومن تابعه من علماء القرن الثامن عشر . هم أول من أشاروا إلى منزلة هذه الموضوعات . والواقع غير ذلك فلقد ثبت من كتاب « ميزان الحكمة » ـ كما أوضحنا ـ أن من الموضوعات التى تناولها موضوع الهواء ووزنه ، والذى اتضح من قول الخازن « إن أى جسم ما يفقد جزءا ما من وزنه بنقله من الأجواء الكثيفة إلى الأجواء اللطيفة »[2] .

حساب الثقل النوعى (الكثافة النوعية) :

وفى هذا المجال استطاع البيرونى ومن بعده الخازن التوصل إلى تقديرات دقيقة يقول عنها الدومييلى : إنها من النتائج الطيبة التى وصل إليها العرب فى مجـــال الطبيعيات التجريبية[3] « بلغة رياضية دقيقة حتى الرقم العشرى الرابع » وهـــى درجـــة من الدقـــة لا تختلف كثيرا عند تقديرها فى العصر الحاضر[4] .

وقد استخدم البيرونى آلة مخصوصة لهذا الغرض ، أطلق عليها اسم الآلة المخروطة .

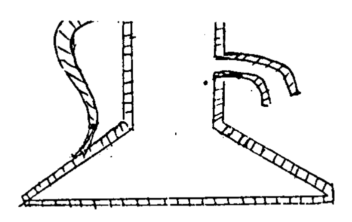
---

(١) المصدر السابق : ص ٢٠٧ .

(٢) الخازن : ميزان الحكمة ص ٦١.

(٣) الدومييلى : العلم عند العرب ، وأثره فى تطور العلم العالمى ترجمة د . عبد الحليم النجار ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٢ ص ١٩٤ .

(٤) د . عبد الحليم منتصر : أثر الإسلام والعرب فى النهضة الأوربية ص ٢٣٠ ، ويلاحظ : أن =



يقول الخازن « قال أبو الريحان ، فلم أزل بعده أعمل آلة بعد أخرى وأحترس فى أخيرتها عما كان يعترض علىَّ فى الأولى حتى عملت آلة مخروطة الشكل ـ كما فى الشكل ـ واسعة القاعدة ضيقة الفم بعد عنق ممتد بذلك الضيق من البدن إلى الفم وثقبت فى أواسط هذا العنق بالقرب من سافله ثقبة صغيرة مدورة ، وألحمت عليها بقدرها أنبوبة منكوسة الوضع رأسها إلى جهة الأرض ، وتحت هذا الرأس كالحلقة يوضع كفة الميزان عليها »[1] أما عن طريقة عمل الجهاز الذى يعد أقدم مقياس للكثافة النوعية يقول البيرونى « ونبتدىء بالأثقل (من الفلزات) ثم الأخف بعده فالأخف ليكون ابتداؤنا فى مياهها بالأقل ثم الأكثر بعده فالأكثر ؛ لأن المياه تكون بحسب الجثث »[2] .

ثم بدأ بعد ذلك بحصر الفلزات محل التجربة فبدأ بالذهب ، ثم الزئبق ، ثم الأُسْرُب (الرصاص) ، ثم الفضة والصفر (الاسفيدروى خليط النحاس والرصاص) ، والنحاس والشبه ، والحديد وأخيرا الرصاص وقام بحساب وزنها النوعى بعد تصفيتها من الشوائب والخبث ، وطرحها فى الجهاز ثم تسجيل القراءات أو متوسطاتها . فيقول عن الزئبق مثلا « والزئبق هذا وإن لم يكن من الفلزات فإنه أمها عند من يتكلم على المعادن والكبريت أبوها وليس بمتماسك الأجزاء ولا صابر على النار بل فرار عنها ، ولذلك لم يمكن استعمال شىء منها فى وزن حجمه غير آلات الماء ، وقد صفيته بالأثواب الصفيفة المضاعفة بالطى مرات لزابله (ما غشى) الفم به من أسرف حتى صفى ، ثم اعتبرته فى الآلة بمرات وحدقت المقادير إلى الماء ، فكان أول حدود (المائة) سبعة مثاقيل

= الثقل النوعى أو الكثافة النوعية هو عبارة عن النسبة بين وزن حجم معين من المادة ووزن حجم مُسَاوٍ لَهُ من الماء المقطر فى درجة ٤ مئوية .

(١) الخازن : كتاب ميزان الحكمة ص ٦٠ .
(٢) المرجع السابق : نفس الموضع .

ودانقا وطسوجا ، وآخرها سبعة مثاقيل ودانقين وطسوجين وتعاون أكثرها على سبعة مثاقيل ودانقين وطسوج فأخذنا به »[١] .

ويقول عن الأسرف (الآنك) : « وقد خلصته عن خبثه فكان أول حدود مياه المائة ثمانية مثاقيل وأربعة دوانيق وطسوج ، وآخر حدودها تسعة مثاقيل فأخذت مابينهما ثمانية مثاقيل وخمسة دوانيق »[٢] ، فكأن البيرونى هنا يقوم بإجراء قياساته على جهازه المخروطى ، ثم يدون الأوزان الحاصل عليها متخذا من المتوسط الحسابى سبيلا لتحديد قيمة الثقل النوعى للمعدن محل الاختبار ، ثم صاغ نتائجه فى جداول حسابية على التالى[٣] :

جدول مياه ما يساوى حجم مائة مثقـــال

اسـم الفلـز	أوزان ميـاه الجثـث المسـاوية لمائـة مثقـــال				أرقـام الطساسيج
	مثاقيـــل	دوانيـق	صساسيج	صساسيج أوزان هذه المياه	
الذهب	خمسة	واحـد	اثنـان	مائة وستة وعشرون	١٢٦
الزئبق	سبعة	اثنـان	واحـد	مائة وسبعة وسبعون	١٧٧
الأسرُب	ثمانية	خمسة	لاشئ	مائتنان واثنى عشر	٢١٢
الفضة	تسعة	أربعـة	واحـد	مائتان وثلاث وثلاثون	٢٣٣
الصفر	أحد عشر	اثنـان	لاشئ	مائتان واثنان وسبعون	٢٧٢
النحاس	أحد عشر	ثلاثـة	لاشى	مائتان وستة وسبعون	٢٧٦
الشبه	أحد عشر	أربعـة	لاشئ	مائتان وثمـانون	٢٨٠
الحديد	اثنا عشر	خمسة	اثنـان	ثلاثمائة وعشـرة	٣١٠
الرصاص	ثلاثة عشر	أربعـة	لاشـى	ثلاثمائة وثمانية وعشرون	٣٢٨

(١) المرجع السابق : ص ٥٦١ . (٢) الخازن : ميزان الحكمة ص٦١. (٣) نفس المرجع ص٦٣.

والملاحظ هنا أن البيرونى لكى يحدد الوزن المائى لكل فلز على حده ، فإنه يأخذ وزن مائة لكل فلز وينقصه من مائة مثقال وزنه الهوائى فيبقى له وزن الفلز المائى .

وتعرف هذه الطريقة حديثا بالعلاقة بين ثقل المادة وثقل حجم مساو لها من الماء لتحديد الثقل النوعى المطلوب .

وقد برع البيرونى فى تحديد قيم الثقل النوعى لكثير من المعادن والأحجار الكريمة أيضا .

فنراه فى كتابه « الجماهر » يؤكد على أن عمله فى تحديد هذه الكثافات لمختلف أنواع الأحجار يقوم على أساس القانون العلمى المحقق . فقد جعل من « الياقوت الأكهب » وحدة للقياس والوزن يتخذ على أساسها المعيار لحساب كثافة باقى المواد والأحجار ، فيقول « وقد عملنا فى هذا الامتحان مائيا »[1] ، « فقصرت عليه مقالة تضمنت حقائقه وأدى إلى أن الأكهب إذا كان فى الوزن مائة ، كان وزن الأحمر الذى يساويه فى الحجم سبعة وتسعين وثمن .... وقد جعلنا وزن المائة من الأكهب قطبا فى قياس سائر ماعداه ، وإليه نرجع كالرجوع إلى القانون »[2] .

لذلك قاس وزن اللؤلؤ النوعى بمقتضى هذا القانون فقال : « وقد اختلف على أوزان اللآلىء اختلافا زال عن الضبط ... والذى كاد أن يستقر عليه الأمر فى كبارها بالقياس إلى أكهب الياقوت الذى جعلنا مائته أصلا وهو خمسة وستون وثلث وربع »[3] .

وقد استطاع البيرونى على هذا المنوال ـ إيجاد الوزن النوعى لثمانية عشر عنصرا ومركبا من الأحجار الكريمة والمعادن بدقة فائقة ، جعلت كثيرا من الغربيين أمثال : سارطون والدوميبلى يثنون على طريقته ومهارته فى إجراء

---

(١) لاحظ الجدول السابق الذى توصل فيه إلى حساب الكثافة بالتجارب المائية.
(٢) البيرونى : الجماهر فى معرفة الجواهر . طبع حيدر اباد الدكن بدون تاريخ ص ٧٧.
(٣) نفس المرجع : ص ١٣١ .

التجارب ، حيث أشار البيرونى إلى أن النسبة بين حرارة الماء الحار والبارد وهى ٤١٦٧٧ و (ولم يكن ممكنا قياس درجة الحرارة بدقة حينذاك)[١] .

وسنذكر هنا قائمة من عمل فيدمان Wiedemann يبين القيم التى حصل عليها البيرونى . وهى بيانات محسوبة إما بالذهب أو الزئبق وإما بالزمرد أو البلور الصخرى (الكوارتز) ، والعمود الأخير من المقاييس الحديثة[٢] :

المادة	عند البيرونى		الوزن الحديث
	الذهب	الزئبق	
ذهب	١٩,٥٦	١٩,٠٥	١٩,٢٦
زئبق	١٣,٧٤	(١٣,٥٩)	(١٣,٥٩)
نحاس	٨,٩٢	٨,٨٣	٨,٨٥
نحاس صفر	٨,٦٧	٨,٥٨	٨,٤
حديد	٧,٨٢	٧,٧٤	٧,٧٩
قصدير	٧,٢٢	٧,١٥	٧,٢٩
رصاص	١١,٤٠	١١,٢٩	١١,٣٥
	الزمرد	الكوارتز	
لازورد	٣,٩١	٣,٧٦	٣,٩٠
ياقوت	٣,٧١	٣,٦٠	٣,٥٢
زمرد	(٣,٧٣)	٢,٦٢	٣,٧٣
لؤلؤ	(٢,٧٣)	٢,٦٢	٣,٧٥
عقيق	٢,٦٠	٢,٥٠	——
كوارتز	٢,٥٣	(٢,٥٨)	(٢,٥٨)

(١) الدوميلى : العلم عند العرب ، وأثره فى تطور العلم العالمى ص ١٩٤.

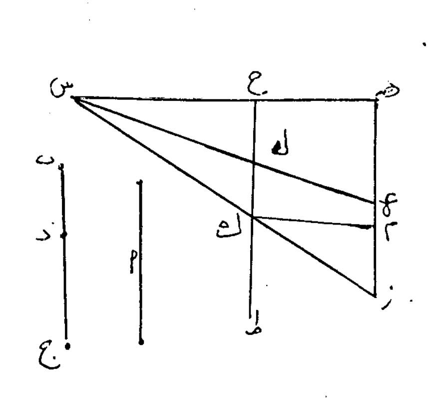
(٢) المصدر السابق : ص ١٩٥ : ويلاحظ : من الجدول السابق أن القيم التى حصل عليها ا لبيرونى تقترب أو تطابق إلى حد بعيد قياسات العصر الحديث على الرغم من بساطة الأجهزة التى كانت تستعمل زمن البيرونى ، الأمر الذى يؤكد على المقدرة الرياضية الفائقة للبيرونى فى ترجمة نتائج التجربة إلى لغة رياضية دقيقة .

وقد أفاد الخازن من بحوث البيرونى فى حساب الوزن النوعى للأجسام الصلبة وللسوائل ، حيث تضمن كتابه « ميزان الحكمة » وصف دقيق للموازين التى كان يستعملها العرب « كالميزان الطبيعى » لمحمد بن زكريا الرازى « وميزان الماء المطلق » لعمر الخيام[١] ووصف مفصل « للميزان الجامع » الذى استخدمه الخازن لوزن الأجسام بالهواء والماء[٢] . ويقول عنه إنه « أشرف الموازين المستعملة فى الصناعات والمعاملات بين الناس لدقة الوزن والفوائد المتعلقة به »[٣] .

ثم يضيف قائلا عن الفارق بينه وبين الموازين الأخرى ، « والفرق بينه وبين سائرها (يقصد الموازين الأخرى) أنها تشير إلى زنة الأشياء ولا تميز بين الموزونات صخرا أو ذهبا ، وهذا يخبر عن حقيقة الموزون وزنته .. ويبين مفردات الفلزات صميمها عن المشرب بغيرها »[٤] .

وقد أورد الخازن طرقا هندسية وجبرية غاية فى الدقة لحساب ما فى الجرم المختلط بالميزان الجامع ، للتأكيد على ما توصل إليه بالبحث التجريبى واستخدام الميزان .

أولا : البرهان الهندسى على معرفة ما فى الجرم المختلط ، سواء أكان ذهبا أم فضة :



(١) راجع كتاب ميزان الحكمة للخازن ص ٨٢ وما بعدها .
(٢) عمر فروخ : تاريخ العلوم عند العرب ، طبع بيروت سنة ١٩٧٠ ص ٢٢٤ .
(٣) الخازن : كتاب ميزان الحكمة ص ١٠٣ .
(٤) المرجع السابق : نفس الصفحة .

« ليكن (أ) زنة الذهب الخالص الهوائية و (ب ج) زنته المائية ، و (أ) أيضا زنة الفضة الخالصة الهوائية ، و (ج د) زنته المائية وهذه الأربعة معلومات بالوزن والرصد (هـ ز) زنة الجرم الممتزج الهوائية فإذا فرضنا هذا الجرم أولا ذهبا خالصا وجعلنا نسبة (أ) إلى (ب ج) كنسبة (هـ ز) إلى (ح ط) كان (ح ط) زنته المائية ، وسميناه المطلوب الأول وأما إذا فرضنا (هـ ز) فضة خالصة كان (ك ط) زنته المائية ببيان أن نسبة (أ) المشترك إلى (د ج) كنسبة (هـ ز) إلى (ك ط) فيخرج المطلوب الثانى و (ك ج) الفضلة بينهما ، فهذه الثلاثة تصير معلومات ولابد زنة الجرم الممتزج بالرصد الذى هو (ك ط) المعلوم أكثر من (ك ط) زنة الفضة المائية المساوية وزنة وزنها للجرم الممتزج أقل من (ح ط) زنة الذهب المساوى وزنة الجرم الممتزج المائية فيبقى (ل ك) تعديل الذهب معلوما ، و (ك ح) تعديل الفضة ، فإذا أردنا معرفة وزن كل واحد منهما ووجهه ، وإذا فرضنا خطى (هـ ز ح ط) متوازين وأخرجنا خطى (ز ك) ، (هـ ح) فإنهما يلتقيان .

البرهان :

أنا نفصل (هـ م) مثل (ح ك) الأصغر من (هـ ز) ونصل (م ك) فسطح (م هـ ح ك) متوازى الأضلاع ومجموع زاويتى (ز هـ ح ـ هـ م ك) مثل قائمتين ، وزاوية (هـ م ك) الخارجة من مثلث (ز م ك) أعظم من زاوية (م ر ك) فزاويتا (ز هـ ح ـ هـ ز ك) أقل من قائمتين ، فخطا (ز ك ، هـ ح) يلتقيان عند (س) ولأن (ح ك) الفضلة على محازاة (هـ ز) زنة الجرم الممتزج الهوائية وخط (س ع) المار على أجزاء (ح ك) الفضلة يشير إلى جزئى (هـ ز) ذهبا وفضة لأنه إذا انطبق على (س ك ز) كان الممتزج كله فضة وإذا انطبق على (س ح هـ) كان كله ذهبا ، وإذا وقع على بعض أجزاء (ح ك) يقسم (هـ ز) قسمين ، فالقسم الذى هو (ز) هو الذهبى ومقداره المطلوب هو (ز ع) من جملة (هـ ز) والذى نحو (هـ) هو القسم الفضى ومقداره (هـ ع) ومثلثا (س ل ك ، س ع ز) متشابهان وكذلك مثلثا (س ح ل ـ س هـ ع) لتوازى القاعدتين

فنسبة (ل ك) إلى (ع ز) كنسبة (س ل) إلى (س ع) ونسبة (ل ك) إلى (خ ل) كنسبة (ع ز) إلى (هـ ع) وبالتركيب نسبة (ح ك) الفضلة إلى (ل ك) تعديل الذهب كنسبة (هـ ز) زنة الجرم الممتزج الهوائية إلى (ز ع) زنة الذهب منه فهذه أربعة أعداد متناسبة ، والرابع منها مجهول فإذا أردنا معرفته ضربنا الثانى فى الثالث أعنى تعديل الذهب فى زنة الجرم الممتزج وقسمنا المبلغ على الأول وهو الفضة فيخرج الرابع المجهول وهو مقدار زنة الذهب الذى فيه ، وكذلك نسبة (ح ك) إلى الفضلة إلى (ح ل) تعديل الفضة كنسبة (هـ ز) زنة الجرم الممتزج الهوائية إلى (هـ ع) زنة الفضة الهوائية [1] .

أما فيما يختص بالتمييز بينهما بطريق « الجبر والمقابلة » ، فقد أورد الخازن هذه الطريقة الجبرية الدقيقة حيث يقول « إن أردنا ذلك (يقصد معرفة ما فى الجرم الممتزج من ذهب أو فضة) نفرض وزن الذهب المجهول فى الجرم الممتزج الهوائى (شيئا) وللفضة وزنها الهوائى (إلا شيئا) ثم ضربنا الشىء فى زنة الذهب الخالص المائى ، وقسمنا المبلغ على زنته الهوائية فتخرج حصة الذهب وضربنا أيضا زنة الجرم الممتزج إلا شيئا فى زنة الفضة الخالصة المائية ، وقسمنا المبلغ على زنتها الهوائية فيخرج حصة الفضة ، ثم جمعنا الحصتين وقابلنا المجموع بزنة الجرم الممتزج المائية ونجبر ونقابل ونقاص المجانسة من كلا الجانبين فالشىء الواحد يعدل مقدار الذهب الذى فى الجرم الممتزج فنلقيه منه خاليا فى زنة الفضة التى منه ، وذلك ما أردنا حسابه »[2] ، وتكون هذه الطريقة بلغة الرياضيات الحديثة على النحو التالى :

نفرض وزن الذهب الهوائى (المجهول) ونرمز له بالرمز (س) .
ونفرض وزن الفضة الهوائى (المجهول) ونرمز له بالرمز (س ـ ١) .
وبذلك تصبح المعادلة من الدرجة الأولى فى مجهول واحد على النحو

---

(١) الخازن : كتاب ميزان الحكمة ، ص ١٠٤ .
(٢) الخازن : ميزان الحكمة ص ١٢٥ وما بعدها .

التالى :

$$\frac{\text{س} \times \text{وزن الذهب المائى}}{\text{س}} = \text{حصة الذهب فى الجـــرم .}$$

$$\text{،} \quad \frac{(\text{س} - ١) \times \text{وزن الفضة المائى}}{(\text{س} - ١)} = \text{حصة الفضة فى الجرم .}$$

وباعتبار هذه الأوزان يمكن إجراء عمليات الجبر والمقابلة على حدود المعادلة فينتج المجهول . ويمكن تحديد الأثقال النوعية للمعادن المخلوطة وإيجاد مقدار كل منها .

كذلك بحث « الخازن » أيضا فى الكثافة وكيفية إيجادها فى الأجسام الصلبة والسائلة ، واعتمد فى ذلك على كتابات البيرونى وتجاربه فيها ، وعلى آلات متعددة وموازين مختلفة استعملها لهذا الغرض يقول « بلتن » إن الخازن استعمل الأيرومتر لقياس الكثافات وتقدير حرارة السوائل ... ومن الغريب أن نجد الكثافات لكثير من العناصر والمركبات التى أوردها فى كتابه قد بلغت درجة عظيمة من الدقة لم يصلها علماء القرن الثامن عشر للميلاد [١] .

وقد وضع الخازن جداول دقيقة للوزن النوعى والكثافة وطرق إيجادها وهى جداول تبرهن بأجلى بيان على أن المسلمين ابتدعوا قبل علماء أوروبا فكرة عمل الجداول ، فإن الجداول الأوربية الخاصة بهذا النوع لم تظهر فى أوروبا إلا فى أواخر القرن الثامن عشر الميلادى ، وأول من اشتغل فى تقدير الوزن النوعى بأوربا هو إثاناسيوس كرنشر الذى عاش بين سنة (١٠٦٢ ـ ١٦٨٠م) ، ثم جاء من بعده جملة من علماء منهم جاليليو وركسيولى .

وتظهر مهارة المسلمين وتفوقهم على أهل أوروبا فى أبحاثهم الطبيعية من هذه الجداول ، إذ إن العالم الطبيعى « يوبل » أجرى تجربتين مختلفتين وقدر بهما الوزن النوعى للزئبق فكان مقدار إحداهما ١٣,٧٦ والأخرى ١٣,٣٥٧ وكلاهما أقل دقة من تقدير طبيعى المسلمين فى القرن الثانى عشر الميلادى أى

---

(١) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ص ٢٠٢ .

قبل « يوبل » بما يزيد عن أربعة قرون[1] وقد جاءت تقديرات الخازن فى قياس الوزن النوعى لبعض الأجسام والفلزات مطابقة إلى حد بعيد لقياسات التجارب الحديثة على النحو التالى :

	الوزن	النوعى
اسم الجوهر	(تجربة الخازن)	(التجارب الحديثة)
الذهب	١٩,٠٥	١٩,٠٣
الزئبق	١٣,٥٦٠	١٣,٥٥٧

قياس الجاذبية :

يقول الخازن عن ماهية الجاذبية : إن « الثقل هو القوة التى بها يتحرك الجسم الثقيل إلى مركز العالم ، والجسم الثقيل هو الذى يتحرك بقوة ذاتية أبدا إلى مركز العالم ... وتلك القوة هى لذاته لا مكتسبة من خارج ، وغير مفارقة له ما دام على غير المركز ، ومتحركا بها أبدا ما لم يعقه عائق إلى أن يصير إلى مركز العالم »[2] .

ثم يضيف قائلا « بأن كل جسم صقيل يتحرك إلى مركز العالم فإنه لا يتجاوز المركز وإنه إذا انتهى إليه انتهت حركته »[3] .

ويتضح من النصين السابقين أن الخازن يقول بأن هناك ثمة قوى للتثاقل تتجه دائما إلى مركز الأرض ، وهو ما يعرف الآن بالجاذبية الأرضية وقد استطاع الخازن نتيجة لذلك أن يحدد العلاقة الصحيحة بين السرعة التى يسقط بها الجسم نحو سطح الأرض (بفعل التثاقل) ، والبعد الذى يقطعه والزمن الذى يستغرقه ، وهذه العلاقة هى التى تنص عليها القوانين والمعادلات التى ينسب الكشف عنها إلى علماء القرن السابع عشر مثل (جاليليو ، نيوتن) ، وما هما فى حقيقة الأمر إلا تابعين للخازن فى كشفه للجاذبية ، وتحدث (ثابت

---

(١) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء المقدمة ص /ص .
(٢) الخازن : ميزان الحكمة ص ١٦.
(٣) المرجع السابق : ص ١٨ .

ابن قرة) عن الجاذبية أيضا فقال عنها « إن المدرة تعود إلى السفل لأن بينها وبين كلية الأرض مشابهة فى كل الأغراض أعنى البرودة والكثافة ، والشىء ينجذب إلى أعظم منه ... »[١] وقد شرح (محمد بن عمر الرازى) هذه العبارة فى أواخر القرن السادس للهجرة فقال « إننا إذا رمينا المدرة إلى فوق فإنها ترجع إلى أسفل فعلمنا أن فيها قوة تقتض الحصول فى السفل حتى أنا لما رميناها إلى فوق أعادتها تلك القوة إلى أسفل ... »[٢] .

المغناطيسية[٣] والكهربية :

بحث علماء المسلمين فى ظاهرة المغناطيسية ، ووجدت آثار ذلك فى رسائل الفيلسوف المصرى ابن رضوان يرد فيها على الحكيم أبو الحسن البغدادى المشهور (بابن بطلان) فيقول « فأما اعتقاد الشيخ (يقصد ابن بطلان) أن جذب المغناطيس للحديد يكون بخطوط تخرج من الحجر فيلزم منه أن يكون كلما جذب الحجر الحديد نقصان الحجر وزيادة الحديد ، إذا كانت هذه الخطوط لها ميل طبيعى ، ولأنها أجسام طبيعية يلتزم تحركها إلى المكان لافى زمان وهذا محال ، وقد خطر ببالى سؤال يحتسب به الشيخ من حملة الألف مسألة وهو هل الحديد يطلب الحجر سوقا إليه أم يجذبه إليه بسر منه .. وقبيح منا أن لا نعلم ذلك ضرورة ونحن نشاهده حسا »[٤] .

وقد أفاد المسلمون من اكتشاف خواص الجذب فى المغناطيس من اختراع « البوصلة ، والتى عرفت عندهم (ببيت الإبرة) وكان يتركب أول الأمر من إبرة ممغنطة محمولة على قطعة من الخشب ، أو موضوعة داخل قصبة مجوفة ، تطفو فوق سطح الماء »[٥] واستخدموها فى تحديد الجهات الأصلية وفى فنون الملاحة البحرية على نحو ما سوف نعرض لذلك بالتفصيل فيما بعد عند الحديث عن علوم الملاحة البحرية عند المسلمين .

---

(١) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ص ٣٥ .
(٢) المصدر السابق : نفس الصفحة .
(٣) لفظة مغناطيس منسوبة إلى (مغنيسيا) بلدة بآسيا الصغرى .
(٤) على يوسف (المهندس) : بحث فى فلسفة الضوء المقدمة ص/ط .
(٥) مصطفى نظيف : علم الطبيعة ص ٣٩ .

أما الكهربية فقد قال عنها ابن سينا « كهربا صنع شجرة الحور الرومى وهو صمغ كالسندروس مائل إلى الصفرة والبياض والإسفاق ، وربما كان إلى الحمرة يجذب التبن والهشيم إلى نفسه فلذلك يسمى (كاد ربا) أى جاذب التبن »[١] .

وهذا هو مفهوم الكهرباء الاستاتيكية فى العصر الحديث والتى اكتشفها العلماء من خلال ذلك ساق من الأبونيت بقطعة من الصوف تنجذب إليها قصاصات الورق ومانحوها .

على أن ابن سينا زاد على ذلك فأفهمنا أن لفظة إلكترون Electron [٢] هى التى توافق لفظة كهربا ، فقال عن شجرة الحور الرومى إنه « هو الذى ينبت فى النهر الذى يسمي ليردانوس له صمغ يسيل من تلك الشجرة وعندما يخرج الصمغ يجمد فى النهر وهو الذى يسمى فى (الرومية) « أبلقطرون » وهو الكهربا »[٣] .

يبقى أن نشير إلى اكتشاف هام فى مجال العلوم الطبيعية ، والذى بمقتضاه أمكن اختراع الساعات وآلات قياس الزمن المختلفة ، ألا وهو « البندول » الرقاص ، والذى نسب فضل اختراعه إلى جاليليو العالم الإيطالى .

غير أن هذا القول غير صحيح ، وإن الفضل فى اختراعه يرجع إلى عالم عربى مسلم ، ولد وعاش فى مصر هو أبو الحسن على بن أبى سعيد بن يونس الصدفى المصرى (٣٩٩ هـ - ١٠٠٩ م) ، وبذلك يكون « جاليليو » مسبوقا فى هذا الاختراع بستة قرون .

وفى ذلك يقول « سيديو » ... وكذا ابن يونس المقتفى فى سيرة أبا الوفاء ألف فى رصد خانته بجبل المقطم الزيج الحاكى ، واخترع الربع ذا

---

(١) على يوسف (المهندس) : المصدر السابق ص /ط .

(٢) يستخدم مصطلح إلكترون Electron على نطاق واسع فى العلم الحديث للتعبير عن الأجسام سالبة التكهرب Negative charge التى تدور فى المدارات الخارجية لنواة الذرة ، والتى بمقتضاها يتحدد نوع العنصر أو المادة ، ونشاطها الكيميائى طبقا لاختلاف أعدادها فى تلك المدارات الخارجية .

(٣) المصدر السابق : نفس الصفحة .

الثقب ، وبندول الساعة الدقاقة .. [1] .

وعلى ذلك يعتبر ابن يونس بحق أول من اخترع بندول الساعة الدقاقة ، ومعنى ذلك أنه كانت عنده فى تلك الآونة فكرة سليمة عن قانون البندول ، وربما أمكن التوصل إليه عمليا على هيئة[2] :

ت = ٢ ل × أ .

حيث ت هى زمن الذبذبة الواحدة .

و ل هى مقدار البندول .

و أ هى مقدار ثابت .

ونحن اليوم نستطيع أن نكتب أ على هيئة .

$$أ = \frac{ك}{جـ} .$$

حيث ك هى الكتلة ، جـ هي عجلة الجاذبية الأرضية .

وقد استعمل فلكيو العرب البندول لحساب الفترات الزمنية فى الرصد وجاء من بعدهم (جاليليو) وبعد عدة تجارب استطاع أن يستنبط قوانينه . فوجد أن مدة الذبذبة تتوقف على طول البندول وقيمة عجلة التثاقل ، ووضع ذلك بالشكل الرياضى المعروف ، فوسع دائرة استعمال (الرقاص) وجنى الفوائد الجليلة منه[3] .

---

(١) سيديو(ل.أ) : تاريخ العرب العام ص١٩٦ .

(٢) د . محمد جمال الدين الفندى : مقدمة تاريخ العلوم وخاصة عند العرب ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٩ ص ٣٧ .

(٣) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ص ٣٦ .

الفصل الثانى

فى مجال العلوم الكيميائية

فى مجال العلوم الكيميائية

أما فى مجال الكيمياء فإن علماء المسلمين هم الذين أصلوا البحث العلمى فيه ، وحققوا أهم مآثرهم فى هذا الميدان بأن أدخلوا التجربة العملية في دراسة الكيمياء ، وهذه خطوة حاسمة نحو التقدم عما كان عند اليونان من فروض صورية مبهمة فى هذا الموضوع .

والمسلمون هم الذين أعطوا لهذا العلم اسم « كيمياء » ومن ثم chemistry فى الإنجليزية chimie فى الفرنسية[١] .

ولفظ الكيمياء العربى مشتق من الفعل " كمى يكمى أى ستر وأخفى[٢]" ومما يؤيد ذلك أن علم الكيمياء كان يمارس فى القديم فى سرية تامة ، ومحاطا بالغموض والرمزية . فقد كان جابر يستخدم الرموز والألغاز فى كتاباته « لذلك نجده يكنى عن الذهب » بالشمس ، وعن النحاس « بكوكب الزهرة » ، وعن القصدير " بالمشترى " ، وهلم جرا »[٣] .

ويؤكد « مور » على هذا المعنى بقوله « لقد كان علماء الكيمياء القدامى يكتبون فى الكيمياء بأسلوب غامض من منطلق اعتقادهم بأن ما يتناولونه من موضوعات يقصر عن العامة فهمه »[٤] .

والكيمياء قبل (جابر) لم تكن علما بالمعنى المعروف ، إنما كانت صناعة

---

(١) جلال مظهر : حضارة الإسلام وأثرها فى الترقى العالمى طبع القاهرة سنة ١٩٧٤ ص ٢٧١ .

(٢) الخوارزمى (الأديب) مفاتيح العلوم ، طبع مصر سنة ١٣٤٢ هـ ، ص ١٤٦ .

(٣) روحى الخالدى : الكيمياء عند العرب طبع دار المعارف ، القاهرة ١٩٥٣ ص ٦١ .

(4) Moore F.j . , : A history of chemistry , New York 1939 P. 14 .

ويلاحظ أن « مور » يشير إلى أن علماء الكيمياء فى العصر الحالى يفرقون بين الكيمياء المعرفة بأل التعريف العربية ، وبين كيمياء بغير أداة التعريف فيقولون : الكيمياء Alchemy وكيمياء chemistry و يطلقون الاسم الأول على علم الكيمياء القديم (الصنعة) المنقول عن جابر والمتداول فى القرون الوسطى ، ويطلقون الاسم الثانى على الكيمياء الحديثة التى وضع قواعدها لافوزيه (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤ م) .

وخبرة تستخدم فى التعدين والتحنيط والنسيج والصباغة ، وصناعة الزجاج وتحضير الزيوت والعطور .

وبعد جابر لم تكن هناك دراسات فى الكيمياء بالمعنى المفهوم إلا عند أبى بكر الرازى .

لذلك سوف نقصر الكلام فى منهج البحث فى علم الكيمياء ، وبيان أثر العلم الرياضى فى تطوير مباحثها المختلفة ، على كل من جابر بن حيان وأبى بكر الرازى دون غيرهما ؛ لتضلعهما فى هذا العلم ، ولأن كتابات غيرهما لا تضيف شيئا جديدا فى هذا المجال .

ا - المنهج عند « جابر بن حيان » :[(١)]

يعتبر جابر بحق مؤسس علم الكيمياء بالمعنى الحديث ، فقد بين أهمية التجربة ، وأسس نظاما علميا يقوم على الحقائق التى تؤيدها المشاهدات العيانية ، وتدعمهما التجربة العلمية [(٢)] .

فهو يقول عن قيمة التجربة « إياك أن تجرب أو تعمل حتى تعلم » ويحق أن تعرف الباب من أوله إلى آخره بجميع تنقيته وعلله ، ثم تقصد لتجرب فيكون فى التجربة كمال العلم »[(٣)] .

وقد وضع جابر مجموعة من القواعد التى يجب على من يشتغل بالكيمياء أن يلتزم بها[(٤)]، وهى مجموعة قواعد تطابق قواعد التجريب الحديث :

١ ـ يجب على المجرب أن يعرف الغرض من كل تجربة يجريها .

٢ ـ يجب عليه فهم التعليمات جيدا .

٣ ـ يجب عليه تجنب الأمور الغير ممكنة التحقيق ، العديمة الفائدة .

٤ ـ يجب أن يختار بدقة الوقت والفصل الذى يجرى فيه تجاربه .

٥ ـ من الأفضل أن يكون المعمل فى مكان منعزل .

---

(١) هو أبو عبد الله جابر بن عبد الله الكوفى المعروف بالصوفى (ابن النديم : الفهرست ص ٣٥٤ .

(2) Holmyard E. J. : chemistry to the time of Dolton ; oxford 1925 p.30 .

(٣) جابر بن حيان : كتاب التجريد ،. تحقيق ونشر هوليارد ، طبع باريس سنة ١٩٢٨ ص ١٢٧.

(4) Holmyard E..J. : Op. Cit , P. 17.

٦ - يجب على المجرب أن يتحلى بالصبر والأناة والمثابرة .

٧ - يجب ألا تخدعه ظاهر المشاهدات ، فيتعجل النتائج .

٨ - يجب عليه أن يمنح نفسه الوقت الكافى لضبط نتائج تجاربه .

نظرية الميزان :

وقد أدخل جابر على صناعة الكيمياء شيئا جديدا أسماه نظرية الميزان فقد جعل لكل من « الطبائع الأربع[1] ميزانا » . فهو يرى أن الموجودات تختلف تبعا لاختلاف العناصر الأربعة المكونة لها نسبة وكمية ، لذلك يقول : إن إصلاح الطبائع يقتضى « تعديلها بالحرارة والرطوبة واليبوسة بأوزان معلومة معتدلة »[2] .

فالمعادن النفيسة كالذهب مثلا تكون الطبائع فيها متوازنة ومتعادلة ، ومن ثم تكون أصبر المعادن على النار من غيرها ، أما الفلزات الأخرى التى طبائعها غير متوازنة فلا تكون لها هذه الصفة[3] .

ونظرية الميزان تشكل أساسا تعليميا (رياضيا) فى كيمياء جابر كما يقول « بول كراوس » ، وتمثل سبقا علميا طبق فيه جابر الكم والقياس على نتائج التجربة .

وعلم الميزان يقصد به القوانين الكمية العددية التى فى الموجودات ، وهو عند جابر - كما يقول عبد الحميد سماحة - « رمز يدل على القوانين العددية

---

(١) المبدأ القائل بأن العالم مكون من عناصر أربعة ، والذى كان يعتبر أساس معتقدات الكيميائى راجع فى الغالب إلى أرسطو الذى قال به متبعا خطى من سبقه من رجال الفكر أن هناك أربع صفات أولية (كيفيات ، طبائع) جاف - رطب - بارد - حار ، وكان مفروضا أن تكون هذه الصفات ملازمة للعناصر أو الجواهر الأربعة : التراب ، الهواء ، والنار ، والماء باتحادها فى ازدواجات معينة وعلى ذلك فقد كان الناس يخلعون على الماء صفة البرودة والرطوبة وعلى التراب صفة البرودة والجفاف ، وعلى الهواء صفة الحرارة والرطوبة ، وعلى النار صفة الحرارة والجفاف .. وقد تأثر جابر بهذه النظرية (انظر : د . م تيرنر : الكشف العلمى ص ١٠ - ١١) .

(٢) جابر بن حيان : كتاب الترجمة (ضمن مختارات بول كراوس ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ ص ١٤٣) .

(٣) د . عبد الحليم منتصر : أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية ص ٢٣٨ .

التى توجد فى التركيب الداخلى للأجسام ، وتكون نتيجة توزيع الطبائع الأربع ما بين داخل الجسم وخارجه ، بحيث تكون بينهما نسبة ثابتة »[1] ، معنى ذلك أننا فى الغالب لا نصل إلى معرفة الماهية ، وإنما نصل فقط إلى وزن الطبائع .

فميزان الطبائع « أى معرفتها كما بوزن أجسامها ، هو الذى نعلم به كم من الطبائع الأربع فى الشئ المراد تحويله »[2]. لذلك كانت هذه النظرية « أكبر محاولة قامت فى العصور الوسطى من أجل إيجاد علوم طبيعية تقوم كلها على فكرة الكم والمقدار »[3] .

وهذا هو ما يؤكده المنهج العلمى الحديث فى اتجاهه إلى إحلال النسب الكمية محل الخواص الكيفية فى معالجة الظواهر الطبيعية ، فجابر يرى أن الطبائع تتغير . ولكى تتغير لابد أن تفقد ماهيتها الكيفيه كى تستحيل إلى ماهية أو طبيعة أخرى . وقد جعل جابر الميزان أساسا للتجريب . إذ هو خير أداة لمعرفة الطبيعة وقياس الظواهر كميا [4] .

ويعرض جابر فى مواضع متعددة من كتابه « البحث » لنظريته عن الميزان فيقول « ليس ترتيبنا لذلك أمرا ضروريا لابد منه . بل ذلك لكل أحد إذا علم القياس بين أفعال الطبائع يرتبه على اختياره كيف شاء »[5] .

وقد أدرك جابر المفهوم الحقيقى للقياس من حيث إنه علاقة بين وزنين أو طولين ، وأن عملية التقدير إنما تتم بإضافة مقدار ما وهو الجسم المراد وزنه أو قياسه إلى مقدار آخر يمثل طولا أو وزنا .

---

(١) عبد الحميد سماحة : جابر بن حيان وأثره فى الكيمياء ، مقال (المؤتمر العلمى العربى الأول لجامعة الدول العربية) طبع القاهرة سنة ١٩٥٣ ص ١٠٣.

(٢) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ص ١٢٩

(٣) المصدر السابق : نفس الصفحة .

(٤) د . جلال موسى : المصدر السابق ص ١٢٩ .

(٥) جابر بن حيان : كتاب البحث ص ٤٤٦ من المخطوط .

علاقة القياس بالاستقراء فى المنهج عند جابر :

وعلى ذلك فقد ميز جابر فى كتابه « البحث » بين الجانب الاستقرائى والجانب القياسى من المعرفة ، حيث اعتبر الأول ما تدركه الحواس والثانى هو ما يوجد بالعقل وفي ذلك يقول جابر « وأما الموجود بالعقل فإنه ينقسم إلى قسمين : أما أول مُسلَّمٌ لا يحتاج إلى دليل . والثانى ما كان الإدراك له ، والوجود له بدليل . ولا يكون واضحا للعقل وظاهرا من أول وهلة »[1] ومثال الأول العلم الرياضى ومثال الثانى العلم الطبيعى ، وذلك لاعتماد الرياضيات على البديهيات والمسلمات وهى ما لا يحتاج إلى دليل عليه . أما الطبيعيات فهى من العلوم المكتسبة التى ترجع إلى مثال العلوم الأوائل . يقول جابر « إنه ينبغى أن نعلم أولا موضوع الأوائل والثوانى فى العقل كيف هى حتى لانشك فى شىء منها ، ولا تطالب فى الأوائل بدليل وتستوفى الثاني منه بدلالته »[2].

وفى هذا يقرن جابر بين الأوائل التى هى أولية فى العقل ولا تستنبط من سواها وتدرك بالحدس المباشر Intuition ، وما يأتى بعدها يعد من الثوانى التى تعتمد عليها . ويطلب عليها الدليل .

ويرى الدكتور جلال موسى أن القضية الأساسية التى يعمد هذا النص إلى إثارتها هى مدى العلاقة بين منهجى الاستنباط الرياضى ، والاستقراء التجريبى وكيف أن العلم الحديث انتهى إلى الجمع بينهما . ويسجل تاريخ العلم لجابر بن حيان قصب السبق فى التوصل إلى هذه الحقيقة ، أو مزاوجته بين كلا المنهجين فى بحوثه الكيميائية ، كما أكد على ذلك الدكتور زكى نجيب محمود بقوله : إن منهج جابر « منهج اعتمد على الاستنباط والاستقراء اعتمادا واعيا صريحا »[3] حتى جاء مطابقا للمنهج الفرضى الاستنباطى الحديث Hypothetical - dudctive method ، من حيث كونه يبدأ بملاحظات يستوحيها فروضا لتفسير الظاهرة المراد تفسيرها ، ثم تستنبط من هذا الفرض نتائج تترتب عليه من الوجهة النظرية الصرف . وأخيرا نعود بهذه النتائج إلى

---

(١) جابر بن حيان : كتاب البحث ص ١١ من المخطوط .

(٢) جابر بن حيان كتاب الخواص الكبير (ضمن مختارات بول كراوس) ص ٢٣٤ .

(٣) د . زكى نجيب محمود : جابر بن حيان (سلسلة أعلام العرب ، طبع القاهرة سنة ١٩٦١ ص٦٠ .

الطبيعة لنرى هل تصدق أو لا تصدق على مشاهداتنا الجديدة . فإن صدقت تحول الفرض إلى قانون علمى(١) .

وبهذا المنهج المتكامل عند جابر ، أمكن له أن يتوصل إلى آراء علمية على جانب كبير من الدقة ، وتطابق إلى حد بعيد ما توصل إليه العلم الحديث وخاصة فى نظريتى « تكوين المعادن ، والفلوجستون ».

نظرية جابر فى تكوين المعادن :

حقق جابر تقدما على اليونانيين فى نظريته عن طبيعة المعادن ، فعلى حين قال اليونانيون بالطبائع الأربعة والكيفيات الأربعة ، قال جابر بتكاثف عنصرى الدخان والبخار Earthy smoke and watery steam فى باطن الأرض وكيف يتكون عنهما عنصرا الكبريت والزئبق ، ومن اتحاد هذين الأخيرين يتكون كل المعادن . ويختلف نوع كل معدن تبعا لاختلاف نسب الخلط بين عنصرى الزئبق والكبريت فيه . وهذه النظرية تقارب إلى حد بعيد نظرية الاتحاد الكيميائى الحديثة ، التى قال بها دالتون(٢) من أن الاتحاد الكيميائى يكون باتصال ذرات العناصر المتفاعلة بعضها مع بعض ، ومضمون النظرية عند جابر هو أن جوهر المعدن زئبق انعقد بكبريت ، وأن المعادن تختلف فيما بينها باختلاف نسبة اتحاد الزئبق بالكبريت ، وهو اختلاف فى أعراضها المتغيرة . يقول جابر « إن الأجساد كلها فى الجواهر زئبق انعقد بكبريت المعدن المرتفع إليه فى بخار الأرض . وإنما اختلفت لاختلاف أعراضها »(٣) .

فكأن سبب اختلاف المعادن بالكيفيات والألوان يرجع إلى اختلاف مقدار الكبريت والزئبق الموجودين فى كل واحد من المعادن السبعة ، وهى (الذهب

---

(١) المصدر السابق ص ٥٨ .

(2) Holmyard E. J. : Chemistry to the time of Dalton P. P. 18 - 19 .

(جون دالتون ١٧٦٦ ـ ١٨٤٤ م) كيميائى إنجليزى اشتغل بتدريس الرياضيات بمدينة كندال بشمال إنجلترا أعلن نظريته المعروفة عن الاتحاد الكيميائى فى كتاب تحت عنوان (نظام جديد فى الفلسفة الكيماوية) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ١٢).

(٣) جابر بن حيان : كتاب الإيضاح (ضمن مختارات هوليارد) طبع باريس ١٩٢٨ م المجلد الأول ـ الجزء الأول ص ٥٤ .

والفضة ـ والنحاس ـ والقصدير ـ والحديد ـ الرصاص ـ والخارصين) .

فالذهب ـ فى رأى جابر ـ « داخله كثير من الزئبق اللطيف ، وقليل من الكبريت الصافى . والنحاس فيه من الزئبق بمقدار ما فيه من الكبريت وكلاهما فى النحاس لم يبلغا الغاية فى اللطف ولا فى الصفاء . والقصدير فيه كثير من الكبريت الردئ وقليل من الزئبق الغليظ وهكذا »[1] .

والكبريت والزئبق مادتان افتراضيتان ليستا مرادتين على حقيقتهما فى الطبيعة ، وإنما الزئبقية فى اصطلاح جابر هى العنصر الأصلى فى المعادن والباعث على جلائها وانطراقها ، أى للخاصة المعدنية فيها . والكبريتية تدل على العنصر المحترق والملون . واتحاد هذين العنصرين لا يؤدى إلى تكوين مادة جديدة فالذى يحدث هو انحلال هاتين المادتين إلى دقائق صغيرة تمتزج ببعضها ، ويتحدد نوع العنصر المتكون تبعا لنسبة ومقدار الخلط بين ذرات العنصرين[2] .

ويفسر جابر فى كتابه (مختصر الإكسير الكامل) المترجم إلى اللاتينية[3] هذا المعنى بقوله :

« الشمس (يعنى الذهب) تتألف من الزئبق اللطيف ، ومن قليل من الكبريت الصافى الواضح ، الذى له احمرار فاتح . وحيث لم يكن لهذا الكبريت لون واحد ، بل كان بعضه أعمق من بعض ، نشأ عن ذلك أن بعض الذهب أشد اصفرارا من بعضه الآخر ... فإذا كان الكبريت غير صاف ، غليظا ، أحمر ، بكيفية يكون معها الوحد لا أقل ولا أكثر من الآخر ، تشكل من هذا المزيج الزهرة (النحاس) .. وإذا كان الكبريت قليل بياض غير ناصع ، وكان الزئبق غير صاف ، وبعضه ثابت وبعضه طيار ، ولم يكن له إلا بياض غير كامل ، تشكل من هذا المزيج المشترى (القصدير) .... »[4] .

وقد قسم جابر وأتباعه من الكيميائيين المعادن المتكونة إلى دنيئة أو

(١) روحى الخالدى : الكيمياء عند العرب ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٣ ص ٦٠.

(٢) د. جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ص ١٣٥.

(٣) ويعد هذا الكتاب من الكتب التى عول عليها الغربيون فى بحوث الكيمياء فى القرنين السادس عشر والسابع عشر الميلاديين ، واعتبروه عمدة الكتب فى هذا المجال .

(٤) روحى الخالدى : الكيمياء عند العرب ص ٦١ .

خسيسة ، وأخرى نفيسة أو ثمينة ، (المعادن الدنيئة هى المعادن المتصفة بالتغير - أما المعادن النفيسة فهى المعادن المتميزة بالثبات على مقاومة التغير بالعوامل الجوية) ، فالحديد والرصاص والقصدير والنحاس والخارصين كلها معادن سريعة التغير ، ولا ثبات لها على مقاومة العوامل الطبيعية فتتأثر بالتعرض للهواء الرطب والماء ، وتتأثر بالحوامض الكيميائية وجميع هذه المعادن تتغير وتصدأ(١) . ولذا سميت المعادن المتقدم ذكرها بالمعادن الخسيسة أو الدنيئة ، أو الناقصة أو غير الثمينة ، بخلاف الذهب والفضة فإنهما لا يتغيران بالعوامل الجوية أى لا يصدآن ، ولا تؤثر فيهما الحوامض الكيميائية إلا ما ندر منها (٢) .

وقد عمل بنظرية جابر فى تكوين المعادن عدة قرون ، حتى القرن الثامن عشر وكانت نواة النظرية التى تلتها وهى نظرية الفلوجستون ، « وهى القائلة بأن كل المواد القابلة للاحتراق والفلزات القابلة للتأكسد تتكون من أصول زئبقية وكبريتية وملحية »(٣) .

نظرية الفلوجستون *Phlogiston theory* (٤) :

يقول هولميارد « إن نظرية الفلوجستون وصفت بأنها الدليل والمصباح المنير للكيماويين فى القرن الثامن عشر ، كما وصفت أيضا بأنها درة العصر والكلمة الأخير فى خلال أكثر من نصف قرن . هذه النظرية كانت المولود المباشر لنظرية جابر فى تكوين المعادن »(٥) .

وقد أطلق علماء النهضة فى أوربا فى القرن الثامن عشر ، من أمثال

---

(١) الصدأ فى الاصطلاح الكيميائى الحديث هو اتحاد المعدن بالأكسجين ، وهو مولد الحموضة ، فإذا صدىء المعدن قالوا باصطلاحهم تأكسد المعدن . ويسمون الصدأ أكسيد الحديد ، أو الرصاص أو النحاس . (المصدر السابق ص ٦٦).

(٢) روحى الخالدى : المصدر السابق ص ٦٧ : ويلاحظ أن الذهب لا يذاب إلا بالماء الملكى (حامض الأيدروكلوريك + حامض الأزوتيك) ، أما فى الزئبق فيمتزج به امتزاجا ويسمى مملغم الذهب).

(٣) د . عبد الحليم منتصر : أثر العرب والإسلام فى النهضة الاوربية ص ٢٣٧.

(٤) فلوجستون phlogiston كلمة من أصل إغريقى معناها الاحتراق أو الشعلة أو النار (جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٢٤

(5) Holmyard E.J : Makers of chemistry (Oxford 1946) P. 142 .

« جوشيم جوهان بيشر Becher ، وجورج آرنست شتال Stahl » على نظرية الفلوجستون بأنها النظرية المعبرة عن استخراج المعادن من أتربتها (كلساتها)[1] ثم ردها إلى هذه الكلسات ... فإذا أضيف الفلوجستون إلى الكلس تكون الفلز ، أى المعدن ، وإذا انتزع هذا الفلوجستون من المعدن عاد إلى الكلس[2] ، فالفلوجستون عندهم هو قالب الكلس إلى فلز (كلس + تلوجنون (من الفحم البلدى) ←— فلز) (فلز يسخن فى الهواء ←— كلس + فلوجستون (يخرج إلى الهواء) . فكأن الفكرة الرئيسية فى نظرية الفلوجستون تكمن فى أن كل المواد القابلة للاحتراق تحتوى على عامل مشترك يخرج أثناء عملية الإحراق[3] .

تفاعلات تشرح بواسطة نظرية الفلوجستون :

١ ـ إذا أخذنا قطعة من الخشب وأحرقناها ، فإننا نرى تصاعد ألسنة اللهب وتحول الخشب إلى اللون الأسود ، ثم لا يلبث أن يتحول إلى رماد .

والنتيجة الوحيدة التى يمكن استنباطها من ذلك هى أن مادة النار (الفلوجستون) تصاعدت والذى يبقى هو الرماد[4] ويمكن صياغة ذلك فى المعادلة التالية[5] :

فحم بلدى يحترق ←—— فلوجستون (إلى الهواء) + رماد .

وبذلك يكون الفحم مركبا من الفلوجستون والرماد بنسب عددية دقيقة .

٢ـ إذا سخن الكبريت فإنه يحترق وينتج منه زيت الزاج[6] (حامض الكبريتيك المركز) .

---

(١) كلس الفلز هو الرماد الناتج من عملية الاحتراق المباشر للفلز ، وعملية التكليس Calcination هى عملية كيميائية تهدف إلى تخليص الفلز من الشوائب عن طريق عملية الصهر ، وقد مارسها جابر والرازى وسوف نعرضها بالتفصيل ضمن « العمليات الكيميائية » عندهم .

(٢) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٢٤٠ .

(3) Moore F.J. : A history of chemistry (New York 1939) P.50 .

(4) Moore F.J.: Ibid , P . 63 .

(٥) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٢٤١ .

(٦) توصل جابر إلى تحضير هذا الحامض ، وسنعرض لذلك عند عرضنا للعمليات الكيميائية التى قام بها جابر .

كبريت يحترق ←——— فلوجستون (إلــى الهواء) + حامض الزاج. (الكبريتيك)[١] .

٣ـ أما إذا طبقنا النظرية على الفوسفور phosphorus فإن الرماد المتبقى منه بعد الحريق يكون لونه أبيض يجذب الماء إليه ويتفاعل معه فيعطى تفاعلا حامضيا ، وبذلك يكون الفوسفور مكونا من الفلوجستون وحامض الفوسفوريك phosphoric acid[٢] .

فوسفور (يحترق) ←— فلوجستون (إلى الهواء) + رمـــاد .

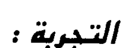
رماد الفوسفور + ماء ←——— حامض الفوسفوريك .

ويلاحظ أن هذه التفاعلات يحكمها نظام محدد لخلط نسب الكلس والماء حتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة .

الأكسجين Oxygen شرط أساسى فى تفاعلات « الفلوجستون » :

اتضح مما سبق أن عمليات الاحتراق تتم فى وجود عامل مساعد هو الأكسجين ،بدون توافره لا يمكن أن تتم عمليه الإحراق .

وقد فسر العلماء ظاهرة الاحتراق فى حيز محدود فى ضوء نظرية الفلوجستون على النحو التالى[٣] :



التجربة :

خذ مقدارا من مادة قابلة للاشتعال ، وأشعلها ثم أدخلها وهى مشتعلة فى وعاء به قليل من الهواء الجوى (كما فى الشكل) .

والنتيجة :

يستمر الاشتعال زمنا قليلا ثم يتوقف ، ويتحول بعض المادة إلى رماد

---

(٢) جيمس كونانت : المصدر السابق نفس الصف .

(2) Moore F.J: Op . Cit . p. 206 .

(٣) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٢٤٣.

وسائر المادة يبقى كما هو . والهواء يظهر عليه التغير والتبدل .. فهذا مثل لما يسميه الكيماويون بالفلوجستون ، وللهواء وقد تحمل به . ففى هذا الهواء المحدود تظل المادة تحترق حتى يثقل الهواد بشىء يمنع الزيادة من الاحتراق (وهو تشبع الهواء بالفلوجستون) وتوقف الاحتراق .

ويقول الدكتور « مور » تعقيبا على هذا النوع من عمليات الاحتراق « **إن الأكسجين شرط لازم لعملية الاحتراق ، ويؤكد على أن جابر أدرك ذلك . إذ أن الفلوجستون عند الاحتراق لأى مادة من المواد لا يختفى ، وإنما يتحد بالهواء أو بجزء منه . فالأكسجين ضرورى لتصاعد الفلوجستون ، وإذا لم يتوفر الأكسجين فإن النار تنطفىء[١] ، ومن ثم لا يتصاعد الفلوجستون حيث لا يوجد ما يتحد به »[٢] .**

وإن كان لم يتوفر لجابر فرصة اكتشاف الأكسجين ، إلا أن سبقه إلى اكتشاف نظرية الفلوجستون يعد ممهدا لاكتشاف برستلى Priestley فى عام ١٧٧٤م لغاز الأكسجين « عندما كان يقوم بتسخين العناصر بواسطة عدسة كبيرة حارقة وكان يقوم بجمع الغازات التى تتكون فوق الزئبق ، على أمل الوصول إلى غازات جديدة واكتشاف خصائصها . وقد مر وقت ليس بالقليل قبل أن يكتشف بريستلي أن هذا الغاز الذى اكتشفه هو العامل الأساسى فى الهواء الجوى وهو الذى يسبب الاحتراق ويتحد به الفلوجستون عند تصاعده من احتراق المواد المختلفة »[٣] .

مجمل القول أن نظرية الفلوجستون « تعد نظرية علمية قدمت الكثير لعلم الكيمياء ، فقد مثلت مرحلة هامة فى تطور نظرية الأكسدة Oxidation والاختزال Reduction[٤] . **ومهدت لتطور النظرية الذرية** . إذ أن فقد الفلوجستون فى عملية الأكسدة ، يماثل الآن إلى حد بعيد عملية فقد الإلكترونات Electrons فى ذرات Atoms المواد المؤكسدة ، واكتساب

(١) كما حدث فى التجربة السابقة .

(2) Moore f.J. : op > Cit . P.P. 53 - 54 .

(3) Moore f.J : A history of chemistry of chemistry P. 78 .

(4)I bid : P. 80.

الفلوجستون يماثل اكتساب الإلكترونات فى ذرات المواد المؤكسدة والمختزلة . ومن ثم يمكن القول بأن الهواء المشبع بالفلوجستون phlogisticated air يماثل الهواء المشبع بالإلكترونات Electronized air لذلك يمكن القول بأن نظرية الفلوجستون جعلت من الكيمياء علما أكثر منه فنا ، الأمر الذى جعل كثيرا من علماء القرنين الثامن عشر والتاسع عشر من أمثال جون ونثروب . winthrop J (١٧٠٦ ـ ١٧٧٦م) ، وبنيامين روس . Ross P (١٧٤٥ ـ ١٨٤٥م) يستمرون فى اعتناق هذه النظرية[١] . التى لا نغالى إذا قررنا أن الفضل فى اكتشافها يرجع بداية إلى ما قال به جابر بن حيان فى نظريته عن تكوين المعادن .

العمليات الكيميائية عند جابر :

عرف جابر كثيرا من العمليات الكيميائية كالتقطير ، والترشيح والتكليس والإذابة والتبلر ، والتصعيد ، واستخدامها للوصول إلى الإكسير Elixir وكان يميز بين التقطير والترشيح فيقول : إن الأول يذهب الدنس ، وأن التصفية تبعد ما يظهر من الأوساخ التى فى الماء مخالطة لنفس جرمه ، فالتصفية لا تعمل فيه شيئا ألبتة[٢] .

أما عن عملية التكليس فكان جابر يهدف منها إلى تنقية العنصر من الشوائب المختلطة به عن طريق الصهر[٣] . فقد أدرك أنه « إذا ما سخن فلز كالقصدير فأنتج شيئا كالتراب ومن هذا التراب الذى جاء اصطناعا (نسميه بلغة العصر أكسيدا) كان فى الإمكان استرداد الفلز منه بتسخينه مع فحم ، والتراب الخالص كالذى هكذا ننتجه يسمى كلسا Calx ، وإذا فالعملية التى أنتجته تسمى تكليسا Calcination[٤] .

---

(1) Ibid : P.81 .

(٢) د ., عبد الحليم منتصر : أثر العرب والإسلام فى الحضارة الأوربية ص ٢٣٨ ، ويلاحظ أن الإكسير أو (حجر الفلاسفة) حيث كان يعتقد أنه يستطيع قلب المعادن الخسيسة إلى ذهب ، ويساعد على الشفاء من الأمراض ويهب طول الحياة .

(3) Holmyard E . J : Chemistry to the time of Dalton p.20 .

(٤) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ، ص ٢٣٩ .

تحضير المركبات الكيميائية :

كذلك قام جابر بتحضير كثير من المواد الكيميائية ، وعرف خواصها مثل نترات الفضة ، وحامض الآزوتيك ، وهو أول من لاحظ أن نترات الفضة تكون مع محلول ملح الطعام راسبا أبيض ، وأن النحاس يكسب اللهب لونا أخضر .

ويقول جابر عن تحضير الزنجفراوكبريتور الزئبق[١] ، لتحويل الزئبق إلى مادة صلبة حمراء : خُذْ قارورة مستديرة ، وصب فيها مقدارا ملائما من الزئبق ، واستحضر آنية من الفخار بها كمية من الكبريت حتى يصل إلى حافة القارورة ، ثم أدخل الآنية فى فرن ، واتركها فيه ليلة بعد أن تحكم سدها ، فإذا ما فحصتها بعد ذلك ، وجدت أن الزئبق قد تحول إلى حجر أحمر ، وهو مايسميه العلماء بالزنجفر ، وهى ليست مادة جديدة فى كليتها ، الحقيقة أن هاتين المادتين لم تفقدا ما هيتهما ، وكل ما حدث أنهما تحولتا إلى دقائق صغيرة ، امتزجت هذه الدقائق بعضها ببعض ، فأصبحت العين المجردة عاجزة عن التمييز بينهما ، وظهرت المادة المنتجة متجانسة التركيب ، ولو كان فى مقدرتنا وسيلة تفرق بين دقائق النوعين لأدركنا أن كلا منهما محتفظ بهيئة الطبيعة الدائمة ، وهذا تصوير جابر للاتحاد الكيميائى لعل فيه شيئا ـ كما أوضحنا ـ من تصوير « دالتون » الذى قال بأن الاتحاد الكيميائى يكون باتصال ذرات العناصر المتفاعلة بنسب معينة بعضها ببعض .

وينسب إلى جابر أيضا تحضير مواد كيميائية كثيرة منها « سلفيد الزئبق ، أوكسيد الزرنيخ ، (والماء الملكى Aqua - Regia) بإضافة حامض النيتريك الذى وصف طريقة تحضيره فى كتابه « صندوق الحكمة »[٢] إلى محلول النشادر (كلوريد الآمونيا) ، وهو محلول يذيب الذهب .

كذلك استطاع تحضير أنواع الزاج (الحامض الكبريتى) بتقطير الشب اليمانى واكتشف القلويات ، نترات البوتاسيوم وخلات الرصاص وغيرها من الخلات بطريقة التصعيد الكيماوى .

---

(١) د . عبد الحليم منتصر : المصدر السابق ص ٢٣٨ .

(2) Holmyard E. J: Makers of Chemistry P. 60 .

كذلك اشتغل جابر أيضا بعمليات كيماوية أخرى كاستعمال ثانى أكسيد المنجنيز فى صنع الزجاج . كذلك توصل إلى طريقة تحضير الصلب وصياغة الأقمشة والجلود ، وصنع البرنيق (الورنيش) والأقمشة العازلة للماء ، والبارود[١] . .

تلك أهم إسهامات جابر بن حيان الأب الحقيقى للكيمياء العربية والكيمياء الحديثة عموما . فالأسس والنظريات الكيمياوية التى وضعها جابر واستخدامه القدير للميزان ، وإقراره لنسب الخلط المحددة للمواد ، كانت المنطلق الذى تطورت عنه الكيمياء هذا التطور الكبير .

وقد كان اسم جابر من أوائل الأسماء التى مجدها الغرب منذ أول عهده بالاتصال بعلوم العرب . فكانت كتبه تترجم إلى اللاتينية فور الحصول عليها . « وكان كتابه « التراكيب » من أول الكتب العربية التى ترجمت إلى اللاتينية إذ ترجمه روبرت أوف شيسترى Robert of chestry فى عام ١١٤٤ م ، وترجم جيراردالكريمونى كتاب السبعين ، وأهم كتبه كتاب عرف فى اللاتينية باسم Summa Perfections وأصله العربى مفقود ، غير أن الأستاذ هولميارد حقق أنه مأخوذ عن كتاب جابر المسمى الخالص »[٢] .

وقد ظلت هذه المراجع المعتمدة فى أوروبا فى الكيمياء عدة قرون ، ويبدو أن تأثير جابر بن حيان ظل قويا حتى منتصف القرن الثامن عشر ، وكانت مؤلفاته موضع دراسة مشاهير علماء الغرب من أمثال هولميارد وبارنتجتن ، واستايلتن ، وكراوس[٣] .

وقد قال عنه « روجربيكون » فى القرن الثالث عشر) إنه أستاذ الأساتذة [٤] » . وأنصفه هولميارد حين وضعه فى القمة بين علماء الغرب وبدد الشكوك التى أثارها حوله مغرضون ، ويقول سارطون « إن العلماء لم يتصوروا

---

(١) د . محمد خلف الله : الثقافة الإسلامية والحياة المعاصرة ، طبع مصر سنة ١٩٦٢ ص ٨٦ .

(٢) جلال مظهر : حضارة الإسلام وأثرها فى الترقى العلمى ص ٢٨٢.

(٣) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ص ٩٢.

(4) Draper J . : A history of intellectual Development of Europe (London 1954) Vol . I .; P . 409 .

أن هذه المعلومات والأعمال العلمية القيمة فى الكيمياء يمكن أن تنسب إلى رجل عاش فى القرن الثانى للهجرة »[١] .

٢ ـ الرازى[٢] مؤسس الكيمياء الحديثة :

يقول عنه ستابلتون « إنه مؤسس علم الكيمياء الحديثة « ذلك لأنه استطاع أن يخلص علم الكيمياء من التصورات الميتافزيقية التى كانت موجودة عند اليونان وأن يحررها من الكثير من الخرافات والإبهام الذى أحاط فى بعض الأحيان بكتابات جابر المتقدمة فى الكيمياء .

فقد عالج علم الكيمياء معالجة علمية تجريبية دقيقة ، متأثرا فى ذلك بكتب جابر المتأخرة[٣] التى اشتملت على تصنيف المواد ، ومعرفة التدابير ، ووصف الآلات المستخدمة فى العمليات الكيميائية ، فهو لا يفتأ يعترف لجابر بالأستاذية ـ كما يقول الأستاذ ستابلتون Stapletion H.E. .

وكتابات الرازى المحتوية على آرائه فى المواد والتدابير والأجهزة ، مصنفة تصنيفا دقيقا . وهى لم تطاول عبقرية كتابات جابر المتأخرة إلا أنها كانت تآليف سهلة الفهم دائمة الفائدة « فالخطة التى انتهجها الرازى فيها تنم عن فراسة كيماوية كبيرة »[٤] ، وقد خصص سلسلة كاملة من كتبه لمعضلة الكيمياء ـ كما يقول الدوميلى ـ وأشهرها كتابه « سر الأسرار »[٥] الذى

(1) Sarton (G): Introduction to the history of science Vol . III P. 167 .

(٢) هو أبو بكر محمد بن زكريا الرازى ، ولد بالرى فى عام ٢٥١هـ ، وتوفى ببغداد فى عام ٣١٣ هـ ، ونقل عنه ابن أبى أصيبعة قوله « أنا لا أسمى فيلسوفا إلا من كان قد علم صنعة الكيمياء لأنه قد استغنى عن الكسب من أوساخ الناس وتنزه عما فى أيديهم ولم يحتج إليهم » (ابن أصيبعة : عيون الانباء فى طبقات الأطباء ، طبع بيروت سنة ١٩٦٥ م جـ ١ ص ٣١٣) .

(٣) كتب جابر المتأخرة (كتاب الخواص الكبير ـ كتاب التصريف ـ كتاب السبعين من مختارات بول كراوس ، كتاب البيان وكتاب الإيضاح ـ وكتاب أسطقس الأس من مختارات هولميارد) .
(لاحظ):
Stapleton H.E., : Chemistry in Irque and Persia in tenth century (Calcuta 1927) P.335.

(4) Holmyard E . J .: Makers ol chemistry p. 66.

(٥) يشتمل هذا الكتاب على كتابى (الأسرار ـ وسر الأسرار) وقد ترجمه المستشرق الألمانى روسكا Ruska ببرلين عام ١٩٣٧ م .

افتتح به الرازى مجال الكيمياء العلمية والعملية .

« فليس فيه أثر للتصوف أو الرمزية غير العلمية . وهو لا يستعمل إلا النتائج المستفادة عن تجربة ، ولا يقدم إلينا إلا الأوصاف المتصلة بالعمليات الفنية »[1] .

يقسم الرازى مباحثه الكيميائية فى كتابه (سر الأسرار) إلى ثلاثة أقسام ، وسنرى أنها تعبر عن نمط خاص أصيل فى مجالى البحث والتجربة العلميين بحيث لا نبالغ إذا وصفناه بأنه عرف العقاقير تعريفا علميا محددا ، واخترع ـ أو حدد الأجهزة الكيماوية اللازمة لتجهيز معمل كيماوى :

أولا : مواد (عقاقير) *Substances* ***وتنقسم إلى ثلاثة أنواع :*** [2]

أ ـ ترابية Earthy .
ب ـ نباتية Vegetable .
جـ ـ حيوانية Animal .

أ ـ الترابية : وتنقسم إلى ستة أنواع :

١ـ أرواح Spirits (كالزئبق ـ النوشادر ـ الزرنيخ ـ الكبريت) .
٢ـ أجساد Bodies (سبعة هى الذهب والفضة والنحاس والحديد والرصاص والأُسْرُب والخارصين) .
٣ـ البوارق Boraces (وهى من الأملاح المعدنية ومنها بورق الخبر وهو الملح المعلوم وصنف مصرى يسمى النطرونى نسبة إلى وادى النطرون ، وبورق الصاغة ومنها التنكار)[3] .

---

(١) الدوميلى : العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ، ص ٢٦٤ ..

(٢) الرازى (أبو بكر) : سر الأسرار، طبع طهران سنة ١٣٤٣ هـ . وأيضا:
Stapleton H . E ; : Op. Cit . P.P. 221 - 324 .

(٣) الخوارزمى (الأديب) : مفاتيح العلوم ص ١٤٨ ، والمقصود بالأرواح Spirits هى المواد التى تتبخر أو تتسامى Sublimate عند تعرضها للنار مباشرة (چيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٢٤٢) .

٤ـ أحجار Stones (وهى ثلاثة عشر منها المرقشيا (البايريت) المغنيسيا (الدوص) أكسيد الحديدوز ـ التوتيا ـ اللازورد ـ الدهنج ـ الكحول) .

٥ـ الشب اليمانى Vitriols (الألوم ـ الزاج وقد استحضر منه الرازى حامض الكبريتيك المركز بالتقطير) .

٦ـ الأملاح Salts (ومنها العذب والمر والإتدرانى والنفطى له ريح النفط والبيض له ريح البيض الملون ، وهو أسود ، والطبرزد وملح القلى (القلويات) .

ب ـ أما النباتية :

فهى كربونات الصوديوم ، فقد قام الرازى بتحضيرها من ملح القلى ، والذى ينتج من تسخين النطرون .

جـ ـ المواد الحيوانية :

فهى المواد المولدة لغاز النوشادر Sal - ammoniac ويتمثل فى (الشعر ـ العظام ـ الدم ـ اللبن ـ البيض ـ اليوريا) وغيرها .

ويقول الرازى عن الأخيرتين (النباتية والحيوانية) إن النباتية « قل خوض العلماء فيها ، وقل استعمالهم لها »[1] ، وذلك بخلاف الحيوانية « منها عملت الحكماء أكاسيرها ، وإليها أشاروا وعنها كنوا »[2] .

ويلاحظ أن الرازى رفض تقسيم جابر للمواد إلى أجسام وأجساد وأرواح . على اعتبار أن الأجسام سميت أجسادا لصبرها على النار ، أما الأرواح فتطير إذا مستها النار . حيث يقول جابر « إن الأجساد هى التى مقدار أرواحها وأجسامها واحد وهى سبعة : الرصاص والأسْرُب والقلعى والحديد والذهب والنحاس والفضة والخارصين ، والأرواح هى التى تطير عن النار ولها فروق فى ذاتها وهى الزئبق والزرنيخ . والكبريت والنوشادر والكافور والدهن ....

---

(١) الرازى : سر الأسرار ص ٦ .

(٢) نفس المرجع : نفس الصفحة .

والأجسام هى التى اختلطت فى معدنها من الأرواح والأجساد على غير مزاج فهى التى تطير وتثبت فالطائر أرواح والحال أجساد »[1] .

ويرى الدكتور محمد خلف الله أن « بعض الباحثين اعتبر أن الرازى فاق جابرا فى هذه الناحية ، حيث أن تعريفه الدقيق للمواد وإصراره على تصنيفها إلى معدنية أو ترابية وحيوانية ونباتية يطابق التقسيم العلمى الحديث لها »[2] .

المواد المشتقة أو الصناعية *Artificial* : [3]

وهى مواد قام الرازى بتحضيرها صناعيا باستخدام مصادر معدنية وحيوانية ونباتية مستعملا التجربة والميزان فى تحديد نسب الخلط فيها ، وقد أوردها فى رسالته المسماة « بالمدخل التعليمى » :

١ـ المرتك (أكسيد الرصاص Pbo): وينتج من إمرار الهواء على الرصاص الساخن .

٢ـ الأوسرنج (الرصاص الأحمر $Rb_3 O_4$): وينتج من تسخين الرصاص حتى درجة الاحمرار .

٣ـ الاسفيداج[4] (أكسيد الرصاص أو القصدير) : وينتج من إحراق الرصاص أو بغمر رقائق القصدير فى محلول الخل .

٤ـ الزنجار (استيات أو خلات النحاس) : وينتج من غمر شرائح النحاس فى محلول الخل مع نزع الطبقة الخضراء اللون ، التى تمثل النحاس .

٥ـ زغفران الحديد (صدأ الحديد) أكسيد الحديديك والحديدوز : وينتج من غمر الحديد المحمى فى الماء .

---

(١) جابر بن حيان : كتاب « إخراج مافى القوة إلى الفعل » ضمن مختارات بول كراوس طبع القاهرة سنة ١٣٥٤ هـ ص ٦٠ .

(٢) د . محمد خلف الله أحمد : الثقافة الإسلامية والحياة المعاصرة ص ٢٤٨ .

(3) Steketom H . E : Ibid pp . 323 - 324 .

وتتضمن رسالة الرازى « المدخل التعليمى » من ص ٣٤٥ إلى ص ٣٦١ حيث ضمنها (الجانب البرهانى فى معرفة علل العقاقير والتدابير ومعرفة الآلات).

(٤) يطلق العلماء عليه فى العصر الحاضر (أبيض الشيروز) ويستخدم فى تلميع الأجسام المصقولة .

٦ـ الزنجفر (السنيبار Hgs) : وينتج من تسخين الزئبق والكبريت فى قارورة حتى يتم الاتحاد الكامل .

٧ـ الشاك (أكسيد الأرسنيك الأبيض AS_2O_3): وينتج أثناء عملية استخراج الفضة من خاماتها .

٨ـ الماشاكونيا (سليكات الكالسيوم): ويستخدم فى عملية تصنيع الزجاج .

٩ـ ملح القلى والجير (الصودا الكاوية Caustic soda) : وينتج من غلى خليط من رمادنيات بحرى (القلى) مع الجير فى الماء ، وبعد تنقية المحلول ، بالتبخير يتبقى المادة الصلبة (الصودا الكاوية) .

١٠ـ محلول كلوريد الأمنيوم الزئبقى:وينتج من إذابة الزئبق فى محلول الأمونيا وقد وصفه الرازى بأنه محلول قوى يمكنه إذابة مركبات الكالسيوم .

١١ـ الشبه : خليط من أربعة أجزاء من النحاس ، $\frac{١}{٢}$ ١ أجزاء من الرصاص .

١٢ـ الأسفيدرون (٤ أجزاء من النحاس وجزء واحد من القصدير) .

ويلاحظ هنا أن الرازى عند تحضيره لهذه المواد راعى نسب الخلط العددية الصحيحة للحصول على المركب المطلوب ، كما هو الحال فى تحضير المركبات الكيماوية فى عصرنا الحاضر .

ثانيا : الأدوات والأجهزة اللازمة لتجهيز معمل كيماوى :

وأما القائمة الهامة التى تركها الرازى للأجهزة الكيماوية اللازمة لتجهيز معمل كيماوى ـ وقد وضعها بعناية فائقة ـ فهى أول عمل من نوعه وتعتبر من أعظم الإنجازات التى أداها الرازى لعلم الكيمياء[١] حتى عصرنا الحاضر .

---

(١) جلال مظهر : حضارة الإسلام وأثرها فى الترقى العالمى ص ٢٨٥ .

وقد قسمها الرازى إلى قسمين رئيسـين : [١]

أ ـ آلات لصهر الأجسام وتشتمل على :

١ـ كور Blacbsmiths Hearth

٢ـ منفاخ Bellous

٣ـ بوطقة Gucible

٤ـ بوط (وعاء يستعمل فى عملية التقطير)

٥ـ مغرفة Ladel

٦ـ ماسك أو كلبتان

٧ـ مكسر Hammer

٨ـ مبرد file

ب ـ آلات لتدبير العقاقير وتشتمل على :

١ـ قرع cucurbit

٢ـ انبيق Alembic

٣ـ قابلة (قارورة استقبال) Receiving flask

٤ـ الانبيق الأعمى

٥ـ قدح وقنينة

٦ـ آثال Aludel

٧ـ مرجل أو طنجير cauldron

٨ـ قدور Earthenware Jars

٩ـ مستوقد أو موقد واتون وكانون أو طابشدان

١٠ـ مهراس (هاون) وصلاية ومقلاة

ثالثا : أثر الرازى فى العمليات الكيميائية (التدابير) :

وتشمل هذه العمليات لتحضير العقاقير على :[٢]

أ ـ التنقية Purification

ب ـ التشميع Ceration

جـ ـ الحل Solution

د ـ العقـد fixation

---

(1) Stapleton : Chemistry in Iraqu and persia in Tenth Century P.P. 324 - 325 .

وقد أوردنا مقابلاتها المعروفة بهافى اللغة الإنجليزية ، ويلاحظ أن الصيغة العربية مازالت سائدة عليها حتى عصرنا الحاضر .

= (2) Stapleton : Ibid P.P. 326 - 327 .

وقد فصل الرازى القول في عملية التنقية فهى تتم عن طريق :

١ ـ التقطير : Distilation

ويتم باستخدام الأنبيق واستقبال السائل المقطر فى القابلة

٢ ـ الاستنزال : Discencry

باستعمال آلة الاستنزال (بواط ايربوط) وهو عبارة عن بوتقتين مثقوبتين من أسفل واحدة تعلو الأخرى . وعند تسخين المادة تنصهر وتمر بالجزء النقى منها خلال البوتقة الأولى إلى البوتقة الثانية وتتبقى الشوائب العالقة .

وقد ذكر الرازى هذه الطريقة فى كتاب الأسرار ورسالته (المدخل التعليمى) .

٣ ـ التشوية : Roasting

وهى عملية يتم بها انتزاع الرطوبة من المواد بتسخينها فى حمام مائى بدرجة حرارة ملائمة .

٤ ـ الطبخ : Coktion

تعتبر عملية ممهدة للتصعيد ، إذ عن طريقها يتم خلط وتسخين المواد المعالجة بالملح ثم تغسل بعد ذلك بالماء بواسطة فلتر .

٥ ـ التصعيد : Sublimation

وهو شبيه بالتقطير وتستخدم فيها الآثال للتسخين وتصعيد الزئبق .

= التنقية : تخليص المعدن من الشوائب . التشميع : تليين الشىء حتى تصير كا لشمع . الحل : تحويل المواد الشمعية إلى سائل . العقد : تسخين المعدن حتى يجمد ويعود حجرا ، ويلاحظ أن هذه الطرق استخدمها الرازى ومن قبله جابر بهدف الحصول على الإكسير (حجر الفلاسفة) . (الرازى : سر الأسرار ص٨٦) حيث تعتبر عملية العقد هى آخر المطاف للوصول إلى الإكسير .

٦ ـ التلغيم *Amalgamation* :

وهى عبارة عن خلط المعادن بالزئبق ، وتعد هذه العملية الخطوة الأولى فى عمليات التصعيد والتكليس .

التكليس *Calcination* :

وهى عملية شبيهة بعملية التشويه غير أن عملية التسخين فيها تكون بتعريض المادة للنار مباشرة حتى تصير المادة مسحوقا رقيقا . وقد ألقى الرازى الضوء على هذه العملية الكيميائية الهامة فى كتاب (الأسرار) ، وهى العملية التى مهدت كما أوضحنا لظهور نظرية الفلوجستون قبل اكتشافها علميا بسبعمائة وخمسين عاما .

وعن تكليس الفضة يقول الرازى « خذ عشرة دراهم من الفضة ، وأضف إليها نصف درهم كبريت أصفر منصهر ، ثم صب الخليط فى (صلاية) وامزجه جيدا حتى يخف ، ثم اغسله وضعه فى إناء فى قرن حتى يتحول إلى مسحوق رقيق »[(١)] ومن الواضح أن هذا المسحوق هو (كلوريد الفضة) .

---

(1) Stapleton : Op. Cit.P. 33 .

وقد استخدم الرازى ومن قبله جابر نمطا معينا من الموازين يستخدم فيه مقادير متناهية فى الدقة تمثل أصغر أوزانهم ومن أشهرها ماورد فى كتاب جابر « الأحجار على رأى بليناس » ضمن مجموعة بول كراوس ص ١٤٦ .

- الرطل = ١٢ أوقية .
- الأوقية = $\frac{١}{٢}$ مثقال .
- المثقال = $\frac{١}{٧}$ ٢ درهم .
- الدرهم = ٦ دانق .
- الدانق = ٢ قيراط .
- القيراط = $\frac{١}{٥}$ ٤ حبة .
- فالحبة أصغر أوزانهم = ١٤٨٠ / ١ من الرطل .

التصدية *Rusting* :

أورد الرازى فى كتاب (الأسرار) تحت هذا الاسم المجموعة التالية من العمليات الكيميائية التى تطابق العمليات الحديثة فى الكيمياء غير العضوية Inorganic chemistry » .

أ ـ تكليس الذهب بالتصدية بإضافة الأمونيا والنبيذ المقطر viniger .

ب ـ تكليس الفضة بالتصدية بإضافة الأمونيا وترطيب الخليط بالماء حتى يتحول إلى مادة صلبة بيضاء اللون (زنجار) . وبعد غسيل المادة الصلبة بالماء وترج مع الماء والملح حتى تتحول إلى راسب أبيض (ويلاحظ أن هذا الراسب كما يقول ستايلتون ـ هو كلوريد الفضة).

جـ ـ إما عن تكليس النحاس بالتصدية فيتم عن طريق وضع رقائق النحاس فى النبيذ المطبوخ Cooked viniger حتى يتحول النحاس إلى (زنجار) كلوريد النحاس(١) .

دـ أما بالنسبة للحديد فقد أدرك الرازى أن توفر الماء والهواء فى الجو يكفيان لإحداث الصدأ دون عوامل أخرى مساعدة .

المحاليل والأحماض *Solutions and acids* :

١ـ الحامض الكبريتى (حمض الكبريتيك Sulphoric acid) ، وقد استطاع الرازى تحضيره من تقطير الشب اليمانى (الزاج الأخضر Vitsiol)(٢) « ولم يزل اسم الرازى يذكر فى كتب الكيمياء الحديثة ، وكذلك طريقة تحضيره لهذا الحامض الذى يقاس مدى تقدم الأمم ومبلغ توسع مجال الصناعة فيها على مقدار ما تستهلكه من هذا الحامض »(٣) .

٢ـ كبريتات الكالسيوم ، وأمكن للرازى تحضيرها من خلط نسبة من محلول الأمونيا مع نسبة من أكسيد النحاس .

---

(1) Stapleton : Op . Cit . P. 231 .

(2) Ibid : P . 233 .

(٣) روحى الخالدى : الكيمياء عند العرب ص ٢٥.

٣ـ ومما اكتشفه الرازى فى مجال المحاليل « الكحول » وقد جاء فى معجم لاروس « أن Alcool كلمة عربية الأصـل ، مؤلفة من « آل » التعريف وكلمة « كحل » بضم الحاء « ومعناها الشئ الدقيق الناعم »[١] . وأول من نقله عن كتب العرب ماشاع استعماله فى أوربا هو أرنودو فيلنيف ، فى القرن الثالث عشر للميلاد . ثم شرح أوصاف الكحول ريمون لول ، ثم جاء لافوازيه وعرفه التعريف اللائق وبين كيفية استحصاله . وكان الرازى يستعمل الكحول فى الصيدليات لاستحضار الأدوية والعلاجات[٢] .

٤ـ الحامض الآزوتى ، وأول من ذكره جابر وسماه (الماء المحلل) ، والرازى من بعـده . ويسـتعمل الآن على نطاق واسـع فى الصـناعات المختلفة مثل : صنع الحامض الكبريتى والماء الملكى ، والنترونيزين والنتروجلسرين ، وقطن البارود والمواد الملونة ، ويستعمله الحكاكون لحك النحاس ويسمونه الماء الغالب ، ويستعمله المصورون ويسمونه الماء المساعد ، كما يستعمله الصياغ ويسمونه (ماء الفضة)[٣] .

٥ ـ حامض الأيدروكلوريك ، أخـذ علماء الكيمياء الحديثـة عـن كتـاب (بصيل فالانتين) « الذى أخذه عن كتب المسلمين وسماه روح الملح ويستعمل هذا الحامض لاستحضار الماء الملكى ، وحامض الكربونيك وروح النشادر »[٤] .

تلك أهم إنجازات الرازى فى مجال الكيمياء ، وهى إنجازات جعلته ـ على حد قول ستايلتون[٥] ـ أميرا للمعرفة حتى بزوغ عصر النهضة فى أوربا على يد جاليليو ويويل .

وتكمن الميزة الرئيسية للرازى فى رفضه للسحر والممارسات التنجيمية

---

(١) المصدر السابق ص ٧٩ .

(2) Moore f.J: A history of chemistry P. 23 .

(٣) روحى الخالدى : المصدر السابق ص ٨٠ .

(٤) المصدر السابق ص ٨١ .

(5) Stapleton ; Chemistry in Iraque and Persia . p.p.342-343.

التى لا يمكن إقامة الدليل عليها بالتجربة . لذلك جعل للتجربة مكان الصدارة فى مباحثه الكيميائة الرئيسية (المدخل التعليمى ـ وكتاب الأسرار) .

فقد كان يبدأ ـ كما رأينا ـ « بوصف المواد التى يشتغل بها ، ثم يصف الأدوات والآلات التى يستعملها ، وبعد ذلك يصف الطرق الكيميائية التى يتبعها فى تحضير المركبات ونسب خلطها الدقيقة »(١) الأمر الذى « جعل كتابات الرازى فى جملتها معبرة عن العلم الحديث » ، الذى يمكن أن يقال إنه ولد قبل زمن يوبل بتسعمائة عام »(٢) .

الكيمياء بعد الرازى :

ومرت بعد الرازى فترة طويلة تقرب من مائة سنة ، أو نحو ذلك قبل أن يظهر عالم آخر يتناول الكيمياء فى دراسته بطريقة مثمرة .

إذ لم يفرد ابن سنا كتابا خاصا لبحوثه الكيميائية(٣) . فقد ضمن مقالته فى الكيمياء كتابه « الشفاء » وهى مقالة ترجمها إلى اللاتينية « الفرد سراشيل » فى حوالى أوائل القرن الثانى عشر « وكان لها تأثير كبير على كتاب الغرب اللاتينى الذى كتبوا فى الكيمياء فى القرن الثالث عشر وبعد ذلك »(٤) .

وأهم ما يميز ابن سينا فى هذا الميدان إنكاره الذى لا لبس فيه لإمكانية تحويل المعادن ، ويقول فى ذلك « وأما ما يدعيه أصحاب الكيمياء فيجب أن تعلم أنه ليس فى أيديهم أن يقلبوا الأنواع قلبا حقيقيا ... إذ لا سبيل إلى حل المزاج إلى المزاج الآخر ... فهذا ما لا يجب أن يصير على جحده ، لفقدان العلم به ، فليس يقوم ألبته برهان على امتناعه . ويشبه أن تكون النسبة التى بين العناصر فى تركيب كل جوهر من هذه المعدودة ، غيرها فى التركيب الآخر ،

---

(١) طوقان : العلوم عند العرب ص ١٢٨.

(2) Stapleton ; Ibid P.343 .

وقد أكد د . مور على نفس المعنى بقوله إن الرازى لقب « بيوبيل الفارسى » (لاحظ : Moore ; op . Cit . p . 24)

(٣) جلال مظهر : حضارة الإسلام ص ٢٨٦ .

(4) Sarton (G.) : Introduction to the history of science , Vol . II .P. 166 .

وإذا كان كذلك ، لم يعد إليه ، إلا أن يفك التركيب إعادة إياه إلى تركيب ما يراد إحالته إليه »(١) .

أما مسلمة المجريطى (المدريدى) فى الأندلس فى حوالى منتصف القرن الخامس الهجرى الحادى عشر الميلادى ، فقد أسهم كما يقول هولميارد - إسهاما كبيرا « بتنفيذه » التجربة كميا « فاستطاع تحضير أكسيد الزئبق وهى المادة التى قدر لها أن تلعب دورا تاريخيا بين أيدى برستلى ولا فوازييه »(٢) .

وفى القرن الخامس الهجرى الحادى عشر الميلادى ظهر فى بغداد كيماوى يدعى « أبو بكر محمد بن عبد الملك الصالحى الخوارزمى الكاثى » ألف فى سنة (٤٢٦ هـ - ١٠٣٤ م) كتابه « عين الصنعة ، وعون الصنعة » . « وهو كتاب يشبه شبها كبيرا فى بعض أجزائه كتاب « الخالص » أو summa pefec Tionis لجابر بن حيان ، فيه وصف توضيحى للآثال Aludel ومستوقدة تشبه شبها كبيرا وصف الآثال الذى جاء فى الكتاب المذكور »(٣) .

ويقول الكاثى عن كتابه « جعلته سبعة أبواب بلا تطويل ولا إسهاب ، فأول الأبواب فى أسماء العقاقير وإعدادها ، والتنبيه على أرواحها وأجسادها ، وثانيها فى طبائعها وما يختص به كل واحد منها ، وثالثها فى تحريزها وتقديرها وتجزئتها وتدبيرها ، ورابعها فى إفراد ما يصلح منها للبياض عما يصلح منها للحمرة ، وخامسها فى ذكر آلاتها وشرح ما يحتاج إليه من أدواتها ، وسادسها فى استبدال بعضها من بعض لقلة وجودها فى أرض دون أرض ، وسابعها فى تركيب بابين ليرغب متأملوا الفائدة فى تقنينها ... وسميته « عين الصنعة وعون الصنعة » وأودعته ما صح عندى وما جربته

---

(١) ابن سينا : الشفاء (الطبيعيات) المعادن والآثار العلوية « مراجعة الدكتور إبراهيم مدكور طبع القاهرة سنة ١٩٦٨ ص ٢٢ وما بعدها » .

(2) Holmyared : Makers of chemistry P.P.77 - 78

ومسلمة المجريطى « هو أبو القاسم مسلمة بن أحمد المجريطى من أهل مدريد اشتغل بالرياضيات والفلك والكيمياء توفى ٣٩٨ هـ - ١٠٠٧ م - (كارل بروكلمان تاريخ الأدب العربى / جـ٤ ، ط ٣ - ٣٢٣) .

(3) Stapleton H.E.: Alchemical Equpment in the eleventh century (calcuta 1905) p.65 .

يدى ، وشقى فى مقاساته بدنى »[1] .

وتقسيم الكتاب على هذا النحو يطابق أيضا تقسيم الرازى لكتبه (المدخل التعليمى ، وكتاب الأسرار) مما يدل على تأثر هذا الكاتب بمؤلفات جابر والرازى .

ومما يلفت النظر فى هذا الكتاب استخدامه الواضح لنسب الخلط العددية للمواد واستعماله الدقيق للميزان ، يقول فى ذلك « فمن أراد أن يخلط أكسيد من الأكاسيد فيبقى أن يجعل من الروح واحدا ومن النفس اثنين ومن الجسد واحدا . مثال ذلك أننا نأخذ من الزئبق درهما ومن الكبريت المبيض أو الزرنيخ درهمين ، ومن الحديد درهما فيحصل الجسد ربع الأجزاء كلها .... »[2] .

عن التدبير والتجزئة والتقدير يقول الكاثى « إن أقل ما يجب أن تأخذوا من هذه العقاقير حتى تجربوا فيها ما شرحت فى البابين من التدابير ذهب خالص ثلاثة مثاقيل ونصف وهى خمسة دراهم وفضة خالصة أربعة دراهم ، ونحاس أحمر خراسانى خمس أواق ، وهى ثلاثة وخمسون درهما ودانقان ، ونحاس موصلى درهم ... وإن احتجتم إلى أكثر من هذه الأدوية ، فأضعفوا هذه الأوزان بالسوية ولا تزيدوا فى حجر وتنقصوا من الآخر كى لا يفسد عليكم العمل ويفوتكم الأصل ، بل إذا زدتم فى حجر زدتم بحساب ذلك من الآخر فاحفظوا القانون تظفروا بمرادكم »[3] . ومعنى هذا أن الكاثى كان يؤكد على ضرورة معرفة نسب وأوزان الخلط الدقيقة بين العقاقير المختلفة ، وإمكان الوصول من ذلك إلى قانون عام يحكمها ليصبح دستورا ينهج بمقتضاه من يبتغ الحصول على نتائج منضبطة .

ظهر بعد ذلك فى القرن السابع الهجرى ، الثالث عشر الميلادى ، كيماوى ذو شأن عظيم نهج على أسلوب جابر والرازى ، هو منصور الكاملى « رئيس قسم الكيمياء فى معمل القاهرة » يقول عنه هولميارد « إن الكيماويين العرب فى القرن الثالث عشر عرفوا وسائل تنقية المعادن من الشوائب ، كما عرفوا أساليب

(1) Ibid : P.68 .
(2) Holmyared ; : Op. Cit. p. 77 .
(3) Stapleton ; : Op . Cit . P.67 .

التحليل الكيماوى الكمى وقد عرفت الوسائل التى شرحها منصور الكاملى فى أوربا فى منتصف القرن السادس عشر » [١] .

ولسنا هنا بصدد عرض سلسلة الكيماويين العرب والمسلمين بعد جابر والرازى وإنما ما عرضناه يمثل استمرار جهود علماء المسلمين فى تبنى منهج البحث العلمى الحديث فى مجال الكيمياء حتى القرن الثالث عشر الميلادى .

فجهود جابر والرازى كانت الأساس الذى قامت عليه بحوث الكيمياء عند المسلمين ، تلك البحوث التى خلصت علم الكيمياء من خرافات فكر مدرسة الإسكندرية ، ونهجت بالكيمياء نهجا عمليا وعقليا جديدا[٢] يقوم على أساس من التجربة واستخدام الميزان ، ولا يقف عند حد الاعتماد على وصف الطبائع والكيفيات .

كما توصلوا إلى أسس التحليل الكمى القياسى ، ونظموا أساليب البحث واستخدام الأجهزة والأدوات ، فتوصلوا إلى تحضير العديد من المركبات الهامة التى مهدت لتطور علم الكيمياء فى العصر الحديث .

---

(1) Ibid : P. 68 .
(2) Holmyared ; : OP . Cit . p. 15 .

ويلاحظ أن دراسات هذه المدرسة اليونانية (مدرسة الإسكندرية) للكيمياء خلت من المباحث التجريبية المعملية ، وأصبحت الكيمياء فى أيديهم من علوم السحر والتهويمات المبهمة ، وارتبط ارتباطا وثيقا بالتنجيم ، وأصبح العمل فى هذا الميدان مقصورا على تحويل المعادن الرخيصة مثل الرصاص والقصدير إلى معادن نفيسة مثل الذهب أو الفضة ، بواسطة ما أسموه حجر الفلاسفة .لذلك أخفق اليونانيون فى هذا العلم . ولم يتركوا فيه أى أثر علمى مفيد يذكر (يلاحظ : جلال مظهر : حضارة الإسلام ، ص ٢٦٨) .

الفصل الثالث

فى مجال علم الفلك

فى مجال علم الفلك

أما فى مجال علم الفلك ، فقد قطع المسلمون شوطا بعيدا فى استقصاء مسائله ، ووضع أصوله على أساس من التجربة القائمة على الرصد والمشاهدة من جهة ، وعلى البرهان الهندسى الرياضي من جهة أخرى ، إذ لما كان المسلمون إبان نهضتهم العلمية فى حاجة إلى ما يهديهم إلى طرق البحث المستقصى فى المسائل الفلكية ، ويوضح لهم كيف تثبت أصولها بالقياس والبراهين الرياضية ، فقد اطلعوا على كتب اليونان منها أصول إقليدس ، التى أمدتهم بالطريقة الحقيقية الموفقة فى وضع البراهين الهندسية والمجسطى لبطليموس الذى عرفهم بتطبيق تلك البراهين على بيان الحركات السماوية[1] ، وقد أجرى البتانى (٢٧٤ هـ) تصحيحا على كتاب (المجسطى) ولم يقبله على علاته حيث يقول « أجريت فى تصحيح ذلك وأحكامه على مذهب بطليموس فى الكتاب المعروف بالمجسطى بعد إنعام النظر ، وطول الفكر والروية ، مقتفيا أثره متتبعا ما رسمه ، إذ كان قد تقصى ذلك من وجوهه ، ودل على العلل والأسباب العارضة منه كالبرهان الهندسى العددى الذى لا تدفع صحبه ولا يشك فى حقيقته »[2] .

فاعتماد المسلمين على كتاب « المجسطى » إذن لم يكن اعتمادا سلبيا ـ على حد قول الدكتور الدفاع ـ « فقد أدخلوا عليه الكثير من التعديلات الرائعة . كما أولى علماء المسلمين ا هتماما نادرا لتطوير علم الفلك التطبيقى ، الذى استخرجوا منه علم حساب المثلثات كعلم مستقل عن علم الفلك ، فى حين كان

---

(١) كارلوالفونسو نللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ، طبع روما سنة ١٩١١ م ص ٥١٤ والمجسطى بكسر الميم وتخفيف الياء كلمة يونانية معناها (المجموع المرتب) ، ويلاحظ أن أول من عنى بنقل المجسطى إلى العربية (يحيى بن خالد بن برمك عام ١٩١٠ هـ /٨٠٧ م) .

(٢) البتانى (أبو عبد الله) : الزيج الصابى ، تصحيح ونشر كارلوالفونسو نللينو، طبع روما سنة ١٩٠٧ ص ١٧.

علماء اليونان مركزين على علم الفلك النظرى » [1] .

فالمسلمون هم أول من فصل علم المثلثات عن علم الفلك ، وجعلوه علما مستقلا بذاته . « ومن ثم أعطوه قدرا كبيرا من التطوير ، الأمر الذى مكنهم من الاستعانة به فى قياس قطر الأرض وأقطار الكواكب وأبعادها ، والإلمام بأصول الرسم على سطح الكرة فيما يعرف بعلم حساب المثلثات الكرى » [2] .

« ورب قائل يقول كيف تمكن علماء الفلك المسلمين من قياس قطر الأرض وأقطار الكواكب وأبعادها ولم يكن فى حوزتهم شئ من آلات الرصد المستعملة الآن ، والجواب : أن علماء الفلك المشار إليهم كانوا يعرفون من علم الهندسة وحساب المثلثات ما مكنهم من ذلك ، وهو مما لا يعرفه العامة فى عصرنا ولا أكثر الخاصة » [3] .

من ذلك نرى أن المسلمين نبغوا فى تطبيق الرياضيات على علم الفلك والعلوم التطبيقية ، « والحق أنهم فتحوا آفاقا جديدة فى الفلك بقياساتهم وأرصادهم ونظرياتهم الهندسية الرياضية »[4] . وقد ساعدهم علي ذلك ما يلى :

أولا: نظرا لارتباط علم الفلك بالعبادات وذلك لاختلاف مواقيت الصلاة من بلد إلى آخر ، الأمر الذى دعاهم إلى معرفة حركة الشمس فى فلك البروج بالرصد والملاحظة ، وكذلك معرفتهم للقبلة وتحديد سمتها ، وتحديد أوائل الشهور العربية ، ومعرفة صلاتى الكسوف والخسوف والتأهب لها . إذ لايخفى مدى الارتباط بين أحكام الشريعة الإسلامية فى العبادات وبين بعض الظواهر الفلكية ، فأوقات الصلوات الخمس تختلف من بلد لآخر ، ومن يوم إلى يوم ، فيقتضى حسابها معرفة عرض البلد الجغرافى وحركة الشمس فى فلك البروج

---

(١) د . على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ، طبع بيروت سنة ١٩٨١ م .

(٢) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ ص ١١٣ .

(٣) يعقوب صروف : بسائط علم الفلك ، بدون تاريخ ومكان طبع ، ص ٧ .

(٤) جلال مظهر : حضارة الاسلام ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٤ ص ٨٦.

وأحوال الشفق الأساسية ومن شروط الصلاة الاتجاه إلى الكعبة ، فيسلتزم ذلك معرفة سمت القبلة « أى حل مسألة من مسائل علم الهيئة الكرى مبنية على حساب المثلثات »[1] . ومن أراد صلاة الكسوف بحسن التأهب لها قبل انكساف الشمس أو القمر فلا يمكن ذلك إلا بمعرفة « حساب حركة النيرين واستعمال الأزياج المتقنة »[2] .

ثانيا : ما أولاه الحكام لعلماء المسلمين من عناية كبيرة بعلوم الفلك ، وإقامة المراصد التى انتشرت فى البلاد الإسلامية « فقد بنى الخليفة المأمون مرصدا عظيما فى حى الشماسية من بغداد ، وآخر على قمة جبل قاسيون بدمشق ، وبنى الحاكم بأمر الله الفاطمى مرصدا على جبل المقطم قرب القاهرة . وكان هناك مرصد أصفهان ومرصد أنطاكية اللذين عمل فيهما البتانى ، ومرصد ابن الشاطر فى الشام ، ومرصد المراغة الذى أشرف على بنائه نصير الدين الطوسى ،ومرصد ألوغ بك فى سمرقند وغيرها »[3] .

وقد ظهر علماء كثيرون ، ألفوا فى الفلك وعملوا أرصادا وأزياجا مثل البتانى وأبى الحسن الصوفى ، وأبى الوفاء البوزجانى وابن يونس والبيرونى وغيرهم .

وسوف نعرض بشئ من التفصيل لأهم ما توصل إليه هؤلاء العلماء ، كنموذج لإنجازات المسلمين فى مجال الأرصاد الفلكية ، المدعمة بالبراهين الهندسية والرياضية التى كان لها أكبر الأثر فى تطور علم الفلك تطورا كثيرا .

ـ البتانى : (٢٧٤ هـ) :

استطاع أبو عبد الله محمد بن جابر بن سنان البتانى (٢٧٤ هـ/٩٢٩ م) المولود بحران أن يقوم بتصحيح أحكام الرصد القديمة التى وردت فى الإغريقية ؟ وأن يتحرى الدقة الرياضية فى ضبط أقدار السنين وأوقات الفصول

---

(١) كارلو ا لفونسو نللينو : المصدر السابق ص ٢٢٩ ـ ٢٣٠ .
(٢) المصدر السابق : ص ٢٣٠.
(٣) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ١٧.

والكسوفات وأوقاتها .

« وقد استعان البتانى فى أعماله الفلكية بحساب المثلثات ، وكان يستخدم الجيوب بانتظام مع تيقن واضح من تفوقها على الأوتار التى استعملها الإغريق »[1] ، واستعمل دوال الظل وظل التمام ، وعمل جدولا لظل التمام بدلالة الدرجات ، كما عرف البتانى العلاقة بين الأضلاع والزوايا فى أى مثلث كرى[2] .

وقد ضمن البتانى أبحاثه هذه فى كتابه الشهير « الزيج الصابى » « ويعترف له معظم علماء الفلك المحدثين بأنه أول من وضع جداول فلكية على مستوى كبير من الأهمية والإتقان والدقة . ضمنها أرصاده التى كان لها أبلغ الأثر ليس فقط على علم الفلك الإسلامى ، ولكن على تطور علم الفلك وحساب المثلثات الكروى فى أوربا فى العصور الوسطى وبداية عصر النهضة كذلك »[3].

كذلك حدد البتانى بدقة عظيمة ميل فلك البروج وطول السنة الشمسية ، وعند اكتشاف حركة الشمس الظاهرية وجد البتانى أن بطليموس قد أخطأ بمقدار ١٧ درجة ، وبحساب البتانى لطول السنة على أنه ٣٦٥ يوما و ٥ ساعات و ٤٦ دقيقة و ٢٤ ثانية يكون قد أصاب فى حدود دقيقتين من الطول الزمنى الصحيح للسنة »[4] .

وبذلك يكون قد هدم نهائيا عقيدة بطليموس عن ـ ثبات الأوج الشمسى [5] إذ أقام الدليل على تبعيته لحركة « المبادرة الاعتدالية [6] » واستنتج من ذلك أن معادلة الزمن تتغير تغيرا بطيئا على مر الأجيال وأثبت ـ خلافا لبطليموس ـ تغير قطر الزاوية الظاهرى للشمس ، واحتمال حدوث

---

(١) د. على عبد الله الدفاع : إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ص ٨٧.

(2) Sarton (G.) : Introduction to the history of science Vol.I P.P. 602 - 602 .

(٣) د . على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى ـر علم الفلك ص ٤٥.

(4) Marmery villin J., : Progress of Science London1895) P. 33.

(٥) أوج الشمس : أبعد نقطة لها عن الأرض .

(٦) المبادرة الاعتدالية : هى المبادرة المتعلقة بحركة الشمس التى تحدد (فصلى الربيع والخريف)=

الكسوف الحلقى ، وصحح حركات كثيرة للقمر والكواكب [١] .

كما أعطى حلولا رائعة لمسائل حساب المثلثات الكرى بواسطة المسقط التقريبى ، وهى حلول اعترف بها وسار على منهاجها العالم المشهور ريجيومونتانوس Regiomontanus [٢] .

ولقد كان لاهتمام البتانى بتطوير نظريات الجيب ، وابتكاره لمفاهيم جيب التمام (جتا) ، الظل (ظا) ، وظل التمام (ظتا) للزوايا من الصغر إلى ٩٠ درجة بمنتهى الدقة « أثره الكبير فى إيجاد قيم الزوايا المثلثية بطرق جبرية غاية فى الدقة ، وتدل على تضلعه فى بحوث الهندسة والجبر وحساب المثلثات »[٣] .

ولا يخفى علينا ما لحساب المثلثات من فوائد جمة فى تطوير علم الفلك وعلم الهندسة المساحية « إذ يساعد على قياس المسافات التى يتعذر قياسها بالطرق الهندسية العادية »[٤] لذلك ضمن البتانى كتابه « الزيج الصابى » « كل العمليات الهندسية والعددية والجداول الفلكية التى يعرف منها ما يخص كل كوكب وطريق حركته ، ويعرف منها مواضع الكواكب فى أفلاكها بواسطة حساب المثلثات . وبواسطة الأرصاد الدقيقة للكواكب والأجرام السماوية التى قام بها البتانى ، واستخدم فيها آلات رصد دقيقة ، لا تزال محل دهشة العلماء ومحط إعجابهم »[٥] .

وقد ترجمت أعمال البتانى إلى لغات أوربية كثيرة ، واستعانت بها أوربا

= فالاعتدال الربيعى هو النقطة التى تبلغها الشمس عند خروجها من نصف الكرة الجنوبى إلى نصفها الشمالى فى ٢١ مارس ، والاعتدال الخريفى هى النقطة التى تبلغها الشمس عند خروجها من نصف الكرة الشمالى إلى نصفها الجنوبى فى ٢٣ سبتمبر من كل عام .

(مقدمة فى علم الفلك للأستاذ عبد الحميد سماحة طبع القاهرة سنة ١٩٤٩ ص ١٦).

(1) Marmery V.J. , : Op .Cit p. 34 .

(٢) كارلوالفونسو نللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ص ١٦٩ .

(3) Cajori, florian , : A history of mathematics , U.S.A. 1960 P. 165.

(٤) د. على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ص ٥١ .

(٥) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه ،طبع القاهرة سنة١٩٦٦ ص ١٨٧.

فى نهضتها ، واستندت إليها فى الوصول إلى الرياضيات الحديثة التى توصى بفضل علم حساب المثلثات على علم الفلك[1] .

ـ أبو الحسن الصوفى : (٣٧٦ هـ) :

أما أبو الحسن عبد الرحمن بن عمر بن سهل الصوفى (٣٣٦ هـ/٩٨٦ م) المولود بالرى فيقول عنه سارطون « إنه من أعظم فلكى الإسلام ، ويعتبر كتابه فى صور « الكواكب الثابتة » أحد الكتب الرئيسية التى اشتهرت فى علم الفلك عند المسلمين »[2] .

لم يقتنع الصوفى بمتابعة بطليموس للنجوم فى كتابه « المجسطى » ، وقام برصد النجوم جميعا نجما نجما ، وعين أماكنها وأقدارها بدقة فائقة وهذا ما حدا به إلى تأليف كتابه « صور الكواكب الثمانية والأربعين » الذى يقول فى مقدمته « يشتمل على وصف الصور الثمانى والأربعين ، وعلى كوكبه كل صورة منها وعددها ومواقعها من الصور ومواضعها فى فلك البروج بأطوالها وعروضها[3] .... » .

أما عن منهج السابقين عليه فى رصد الكواكب فيوضحه الصوفى بقوله « يخوضون فى طلب معرفة الكواكب الثابتة ومواقعها من الفلك وصورها .... وجعلها على فرقتين إحداهما تسلك طريقة المنجمين ، ومعولها على كرات مصورة من عمل من لم يعرف الكواكب بأعيانها ، وإنما عولوا على ما وجدوه فى الكتب من أطوالها وعروضها ، فرسموها فى الكرة من غير معرفة لصوابها أوخطأها ، فإذا تأملها من يعرفها وجد بعضها مخالفا فى النظر والتأليف لما

---

(١) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ص ٢٤٦ .

(2) Sarton (G.) ; :Introduction to the history of science Vol. I P.P. 665 / 66 .

والكتاب الثانى (الزيج الحاكمى) لابن يونس ويتكون من أربعة مجلدات ، أما الكتاب الثالث فهو « زيج كوركانى » لاولغ بك ويحتوى على أربع مقالات : الأولى عن التواريخ الزمنية ، والثانية فى معرفة الأوقات ، والثالثة فى معرفة سير الكواكب ، والرابعة فى مواقع النجوم الثابتة (د . على الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ، ص ٥٣) .

(٣) الصوفى ، (عبد الرحمن) : صور الكواكب ، طبعة حيدر اباد الدكن سنة ١٩٥٤ ، المقدمة ص ١٩ .

فى السماء أو على ماوجدوه فى الزيجات ، وأما الفرقة الأخرى فإنها سلكت طريقة العرب فى معرفة الأنواء ومنازل القمر ومعولهم ما وجدوه فى الكتب المؤلفة فى هذا المعنى » [١] .

وأما الطريق الصحيح عنده فهو الطريق القائم على الرصد والمشاهدة فيقول بنصه « وأما أقدارها ومراتبها فى العظم والصغر (يقصد الكواكب) فعلى ماوجدنا بالعيان » [٢] .

كذلك تكلم الصوفى عن مبادرة الاعتدالين ، فقال . إن بطليموس وأسلافه راقبوا حركة « دائرة البروج [٣] » فوجدوها درجة كل مائة سنة أما هو فوجدها درجة كل (٦٦) سنة ، وهى الآن درجة كل (٧١) سنة ونصف [٤] .

وقد صاغ الصوفى أرصاده فى أقدار الكواكب ، وفى قياس مبادرة الاعتدالين وغيرها من الأمور الفلكية ، فى أزياج حسابية دقيقة تقارب أزياج « اجلندر » و « هيس » فى العصر الحديث [٥] .

ويمتاز كتاب الكواكب الثابتة « برسومه الملونة للأبراج وبقية الصور السماوية ، وقد مثلها الصوفى على هيئة الإناس والحيوانات ، وقد أورد الصوفى مجموعة من أسماء النجوم والمصطلحات الفلكية التى اقتبسها الأوربيون منها [٦] :

١ـ آخر النهر (الظليم)	Acher Nahr
٢ـ العـــــذارى	Adara
٣ـ عين الرامـــــى	Ain

---

(١) المرجع السابق ص ٢ .

(٢) الصوفى (عبد الرحمن) المرجع السابق ص ٢٥ .

(٣) يطلق على فلك الأرض اسم « دائرة البروج » ؛ لأن القدماء كانوا يرون الشمس تغرب كل شهر فى مجموع من النجوم غير المجموع الذى تغرب فيه فى الشهر الذى قبله وبعده : فقالوا : إن تلك المجاميع أبراج تنزل فيها الشمس وهى الحمل والثور والجوزاء والسرطان والأسد والسنبلة والميزان والعقرب والجدى والدلو والحوت وقد سميت بهذه الأسماء لتصورهم النجوم التى تتألف منها بهذه الصور (يعقوب بسائط علم الفلك ، ص ٤٩ .

(٤) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى ص ٢٢٥.

(٥) نفس المصدر : ص ٢٢٤.

(٦) يعقوب صروف : بسائط علم الفلك ص ١٣٣ ومابعدها .

٤ـ الدبـــــــران	Aldebaran
٥ـ الجنب أو مرفق الثريا	Algenib
٦ـ الجبهـــــة	Algieha
٧ـ الغـــــول	Algol
٨ـ القـائـــــد	Alkaid
٩ـ بيــت الجــوزاء	Betelgeuse
١٠ـ الراعـــــى	EL Rai
١١ـ فـم الحــوت	Famulhout
١٢ـ ركبة ذات الكرسى	Rucblah

ـ أبو الوفاء البوزجانى : (٣٨٨ هـ) :

وبالنسبة لليوزجانى (أبو الوفاء محمد بن يحيى بن إسماعيل بن عباس اليوزجانى (٣٨٨ هـ / ٩٩٨ م) والمولود بيوزجان فقد كان من مشاهير الرياضيين فى القرن الرابع الهجرى (العاشر الميلادى) ، فقد أبدع فى جميع فروع الرياضيات فأدخل علم الهندسة على علم الجبر ، وابتكر حلولا جديدة للقطع المكافئ مما أدى إلى اكتشاف الهندسة التحليلية وعلم التفاضل والتكامل Calcules . وفى هذا المعنى يقول كاجورى « لقد استطاع أبو الوفاء أن يضيف إلى بحوث الخوارزمى فى الجبر إضافات هامة ، وخاصة حلوله لبعض معادلات الدرجة الرابعة بطريقة هندسية . كما أنه مهد لنشأة حساب التفاضل والتكامل بإيجاده لحجم الجسم المتولد من دوران القطع المكافئ حول محوره »(١) .

ولا يخفى أن حساب التفاضل والتكامل هو « أرقى وأروع الاكتشافات التى وصل إليها العقل البشرى ، حيث أنه المصدر الأول للمخترعات والمكتشفات الحديثة »(٢) .

وفى مجال الفلك ، اطلع اليوزجانى على كتاب المجسطى لبطليموس ، وله

---

(1) CaJori , florian : A history of mathematics , U.S.A. 1960 P.106.

(٢) د. على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والإسلام ص ٦٠ .

عليه شروح وتعديلات كثيرة[1] . تنم عن تضلعه فى علم حساب المثلثات كما ابتكر أبو الوفاء طريقة جديدة فى حساب جداول الجيب ، وفى تلك الجداول حساب جيب زاوية ٣٠ ، وكذلك جيب زاوية ١٥ بطريقة فائقة الدقة صحيحة إلى ثمانية منازل عشرية ، وبذلك وضع اليوزجانى « طريقة عصرية سهلة لحساب جيب الزاوية وجداول الظل ، وابتكر متطابقات مثلثية لا تزال تدرس فى المدارس والجامعات فى جميع أنحاء العالم »[2] .

كما اهتدى أبو الوفاء إلى معادلة مثلثية توضح مواقع القمر ومواضع الخلل فى حركته وسماها « معادلة السرعة »[3] ، ومع ذلك عمد الفلكى الدنماركى تيخوبراهى إلى التضليل بادعائه أنه أول من عرف هذا الخلل فى حركة القمر .

وقد بقى مؤرخو العلم تجاه هذا الاختلاف مدة فى حيرة إلى أن ثبت لدى باحثى هذا العصر بعد التحريات الدقيقة ، أن الخلل الثالث هو من اكتشاف « اليوزجانى » ، وأن « تيخويراهى » ادعاه لنفسه [4] .

ولهذا الاكتشاف أهمية كبرى تاريخية وعلمية ، لأنه أدى إلى اتساع نطاق الفلك والميكانيكا ، الأمر الذى حدا ببعض علماء الفضاء المعاصرين إلى إطلاق اسم اليوزجانى على فوهة بركان على سطح القمر[5] . تخليدا لجهوده العظيمة فى مجال علم الفلك وحساب المثلثات وأصول الرسم .

- ابن يونس : (٣٩٩ هـ) :

وقد تمكن (على بن عبد الرحمن بن أحمد بن يونس الصدفى (٣٩٩ هـ / ١٠٠٩ م من مواليد مصر) من أن يحقق شهرة فائقة النظير بين معاصريه ، ومن تبعه من علماء الفلك « بتأليفه » زيجا كبيرا فى أربعة أجزاء سماه

(1) Eves , Howard : An introduction to the history of mathematics (New York) P . I38 .

(٢) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٦٧.

(٣) نفس المصدر : ص ٦٨.

(٤) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ص ٢٣٢.

(٥) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٦٨.

« الزيج الحاكمى » نسبة إلى الحاكم بأمر الله (٤١١ هـ / ١٠٢٠ م) ، وضمنه جميع الخسوفات والكسوفات التى رصدها القدماء والمحدثون » [١] .

ويقول ابن خلكان عن هذا الزيج « وهو زيج كبير رأيته .... ولمْ أرَ فى الأزياج على كثرتها أطول منه ، كما كان مختصا بعلم النجوم ، متصرفا فى سائر العلوم ... وكان تعويل أهل مصر فى تقويم الكواكب عليه » [٢] . ويتضمن الزيج الحاكمى أرصاداً قيمة عن الكواكب والقمر والكسوف والخسوف . ويعتبر العلماء أرصاد ابن يونس من النوع الدقيق ، « وقد اتخذها أساسا من أسس تحديد جاذبية القمر » [٣] ، وحساب الزيادة فى تزايد (سرعته) .

وقد استطاع ابن يونس « أن يصحح ميل دائرة البروج وزاوية اختلاف المنظر للشمس ، ومبادرة الاعتدالين » [٤] . وذلك من خلال أرصاده الدقيقة التى أجراها بمرصده الذى اتخذه على صخرة فى جبل المقطم ، وفى مكان يقال له (بركة الحبش) . وهناك رصد كسوفين للشمس عامى ٩٧٧ و ٩٧٨ م . « وجاءت أرصاده أقرب ما عرف إلى أن أتقنت آلات الرصد الحديثة » [٥] .

وأظهر ابن يونس براعة فائقة فى حل الكثير من المسائل العويصة فى علم الفلك ، وخاصة فى علم حساب المثلثات الكرى [٦] . وذلك باستعانته بالمسقط العمودى للكرة السماوية ، على كل من المستوى الأفقى ومستوى الزوال [٧] . يقول « سيديو » إن ابن يونس « اخترع حساب الأقواس التى تسهل قوانين التقويم وتريح من كثرة استخراج الجذور المربعة » [٨] . أى أن ابن يونس أول

---

(١) د. على عبدالله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ص ٧٠ .

(٢) ابن خلكان : وفيات الأعيان ، تحقيق الدكتور حسان عباس ، طبع بيروت جـ ١ (بدون تاريخ طبع) ، ص ٣٨٥ .

(٣) د . محمد جمال الفندى : مقدمة تاريخ العلوم وخاصة عند العرب ص ٣٩ .

(٤) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص٧٠ .

(٥) عمر رضا كحالة : العلوم البحتة فى العصور الإسلامية ، طبع دمشق سنة ١٩٧٢ ص ٨٨.

(6) Cajori , florian : Op. Cit P. 109 .

(٧) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٧٢ .

(٨) سيديو أ . : تاريخ العرب العام ص ٢١٤.

من فكر فى حساب الأقواس الثانوية التى تصبح القوانين بها بسيطة ، فتغنى عن الجذور المربعة التى تجعل المناهج صعبة ، و « ظلت هذه الحيل الحسابية التى أضمت أمرا عاديا فى أيامنا مجهولة فى أوربا ، و لم يعثر على أمثلة منها إلا فى كتب سيمبسون بعد سبعمائة سنة من وفاة ابن يونس » [(١)] .

وابتدع ابن يونس إلى جانب ذلك « قوانين ومعادلات رياضية ، كان لها قيمة كبيرة قبل اكتشاف اللوغاريتمات إذ يمكن بواسطتها تحويل عمليات الضرب إلى عمليات جمع وفى هذا بعض التسهيل لحلول كثير من المسائل الطويلة المعقدة ، ولذلك *فإنه يعتبر بحق من مهدوا لاكتشاف اللوغاريتمات* » [(٢)] قبل جون نابير John Napier بستة قرون [(٣)] .

ولقد كان لاختراع ابن يونس لبندول الساعة الدقاقة ـ كما أوردنا الحديث عنه فى الفصل الخاص بعلم الطبيعة ـ أثره الكبير فى تطوير علم الفلك باستخدامه فى معرفة الفترات الزمنية فى رصد الكواكب مما أضفى عليها دقة كبيرة .

ـ أبو الريحان البيرونى : (٤٤٠ هـ) :

أما (أبو الريحان محمد بن أحمد البيرونى ٤٤٠ هـ / ١٠٤٨ م) فقد كان ذا عقلية رياضية وفلكية فذة : اشتهر فى كثير من العلوم وكان ذا كعب عال فيها « فاق علماء عصره وعلا عليهم ، وكانت له ابتكارات وبحوث مستفيضة ونادرة فى الرياضيات والفلك . وامتاز على معاصريه بروحه العلمية ، وتسامحه وإخلاصه للحقيقة . فهو دائما يدعم أقواله وآراءه بالبراهين الهندسية » [(٤)] ، حيث استطاع أن يجعل من الرياضيات أداة متطورة لخدمة بحوثه الفلكية ، وصياغة أرصاده فى لغة دقيقة منضبطة . لذلك يقول فى مقدمة كتابه " التفهيم لأوائل صناعة التنجيم » « إن الإحاطة بهذا العلم ـ

---

(١) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٧٣.
(٢) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ، ص ١٦٤.
(٣) د . على عبد الله الدفاع : المصدر السابق ص ٧٣ .
(٤) قدرى طوقان : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ص ٣١١.

يقصد علم الفلك ـ وكيفية شكل السماء والأرض وما بينهما ... نافعة جدا فى صناعة التنجيم ؛ لأن بها يقع للمستمع « دربة » يعتاد بها الألفاظ الجارية فيما بين أهلها ويسهل تصوره لمعانيها ، حتى إذا عاد عليها متعرفا وجوه عللها وبراهينها أياما بفكره مجردا لا يجتمع عليها تعب كلا الجانبين ... وابتداء بالهندسة ثم بالحساب والعدد ثم بهيئة العالم ، ثم بأحكام النجوم ، لأن الإنسان لا يستحق اسم التنجيم إلا باستيفاء هذه الفصول »[1] .

كذلك يبرهن البيرونى على كثير من المواضيع الفلكية مستخدما براهينا هندسية وجبرية ، وخاصة حين يشرح شكل السماء وهيئة العالم من كواكب ونجوم ومجرات .

ويعتبر كتاب « القانون المسعودى » أكبر مؤلف فى الفلك عند المسلمين عامة وعند البيرونى خاصة ، ويظهر فيه استخدام البيرونى للرياضيات بشكل واضح ، فهو يستخدم فيه كل براعته الرياضية فى الهندسة وحساب المثلثات ، ويوظف كل ما توصل إليه من قوانين وإنجازات رياضية فى التوصل إلى نتائجه الفلكية .

بحوث البيرونى فى حساب المثلثات :

يقول الدكتور الفندى « على الرغم من أن الهدف الأساسى الذى توخاه البيرونى فى تأليف « القانون المسعودى » [2] كان علم الفلك والكواكب والنجوم وحركاتها ، ورغم أنه لم يغرد منه سوى (مقالة واحدة) [3] للرياضة والحسابات والجداول الرياضية التى تدخل فى الأعمال الفلكية ، إلا أننا نجد هذه المقالة حافلة بالقوانين الهامة والنظريات الجديدة التى ابتكرها

---

(١) أبو الريحان البيرونى : التفهيم لأوائل صناعة التنجيم (مخطوط بدار الكتب المصرية تحت رقم « ٨٤٨ ميقات ») ص١ .

(٢) يعتبر كتاب القانون المسعودى « من أهم مؤلفات البيرونى فى علم الفلك ، كتبه فى عام ٤٢١ هـ / ١٠٣٠ م وسماه بذلك ـ أى القانون المسعودى ـ إهداء إلى السلطان مسعود الغزنوى ، ويعد هذا الكتاب أعظم تأليف أبى الريحان على الإطلاق . (د. جمال الدين الفندى ، المصدر السابق ، ص ١٣٨) .

(٣) المقالة الثالثة من « القانون المسعودى » للبيرونى طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٩٥٤ م .

البيرونى » [١] . وسنعرض لها بشئ من الإيجاز لنقف على مدى قدرة البيرونى على تطويع مباحث العلم الرياضى لخدمة أعماله الفلكية والوصول إلى أدق النتائج .

١ ـ فى الباب الأول :

يذكر البيرونى قيم الأوتار الرئيسية فى الدائرة ، وأسماها بأمهات الأوتار ، وهى الأوتار التى تقطع من المحيط أقواسا تبلغ أطوالها ـ منسوبة إلى طول المحيط ـ الثلث ، والربع ، والخمس ، والسدس ، والثمن ، والعشر . أى تلك التى تقابل زوايا مركزية قدرها ـ على الترتيب ـ ١٢٠° ، ٩٠° ، ٧٢° ، ٦٠° ، ٤٥° ، ٣٦° .

ثم أردف تلك القيم الموضوعة على هيئة قوانين ، بذكر البراهين الهندسية التى تؤدى إلى استنتاجها ـ ولم يكتف ببرهان واحد للوصول إلى نفس القانون كلما وجد إلى ذلك سبيلا . فهو مثلا قد أعطى طريقتين لاستنتاج قيمة وتر العشر . بينما فى حالة وتر الخمس أثبت صلته بوتر العشر حتى إذا عرف أحدهما أمكن استنتاج الآخر [٢] .

وقد صاغ البيرونى هذه العلاقة على النحو التالى :

مربع وتر الخمس = مربع وتر العشر + مربع نصف القطر [٣] .

٢ ـ أما فى الباب الثانى :

تحدث البيرونى عما أسماه بتوابع أمهات الأوتار وأعطى قوانين عامة تربط بين ما يلى [٤] :

أ ـ وترين يقطعان من محيط الدائرة قوسين مجموعهما يبلغ نصف ذلك المحيط.

ب ـ وترين يقطعان قوسين ، أحدهما ضعف الآخر .

---

(١) د . جمال الدين الفندى ، د . إمام إبراهيم : البيرونى ، طبع مصر سنة ١٩٦٨ م ص ١٣٩ .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٣) البيرونى : القانون المسعودى ، المقالة الثالثة ص ١٥.

(٤) د .جمال الدين الفندى : د . إمام ابراهيم أحمد : المصدر السابق ص ١٤٠.

جـ ـ وترين قوس أحدهما نصف الآخر أو ربعه أو ثمنه .. إلخ .
د ـ ثلاثة أوتار ، قوس أحدهما يساوى مجموع قوس الآخرين أو الفرق بينهما.

ويلى ذلك البراهين الهندسية التى تؤدى إلى هذه القوانين ، وهى تشتمل علي طريقتين لإيجاد قانون الضعف ، وآخرين لإيجاد قانون النصف[1] .

واختتم البيرونى هذا الباب بتطبيق هذه القوانين على الأوتار الرئيسية المذكورة فى الباب السابق ، وذلك زيادة فى التأكد من صحتها . فمثلا يمكن استنتاج وتر الثلث ١٢٠° من وتر السدس ٦٠° وبالعكس ، لأن قيمة الزاوية الأولى ضعف الثانية . وكذلك الحال بين وترى الخمس والعشر (وهما المقابلان لزاويتين قدرهما ٧٢° ، ٣٦°) وترى الربع والثمن (يقابلان ٩٠° ، ٤٥°) إذ يمكن استخدام قانون الضعف أو النصف لاستخراج أحدهما إذا عرف الآخر[2] .

٣ ـ ويتناول الباب الثالث :

طرق التحايل لإيجاد قيمة وتر التسع ، وذلك لأهمية الحاجة إليه فى حساب جداول الجيوب . ولما كانت هذه الطرق لا تعطى قوانين محددة فتكون نتائجها تقريبية ، فإن البيرونى يوصى بعدم الاقتصار على طريقة واحدة ، بل يجب اتباع جميع السبل الممكنة ، وذلك بغية التأكد من النتائج أولا ، ثم المقارنة بينها واختيار أدقها . ونجده يقول فى هذا الشأن :

« لو أمكن قسمة الزاوية بثلاثة أقسام بالأصول الهندسية ، لتوصل منها معرفة وتر ثلث القوس . فكأن وتر التسع يكون حينئذ معلوما ، من أجل ثلث الثلث المعلوم الوتر . وقد كان من شرطنا الاقتصار فى كل مطلب على طريق واحد مما كان ممهدا على القوانين الهندسية . ولما لم يكن هذا كذلك بل كان اختصاصه بالاحتيال والمحل ، صار تكثير الطرق فيه مجديا ، على مثال ما نفعل فى الأشياء التى وإن انضمت بالأصول ، فعلى قواعد من الاعتبارات والأرصاد ، ربما لا يتفق للإنسان منها ما يتفق لغيره . فإذا أفنيت الطرق بها

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى ، المقالة الثالثة ص ١٠٠ ،ما بعدها .
(٢) د . محمد جمال الدين الفندى ، د . إمام إبراهيم أحمد : المصدر السابق ص ١٤١.

أمكن التصرف فى جميع أوضاعها »[1] .

ولهذا السبب ذكر البيرونى ثلاثة طرق لإيجاد قيمة وتر التسع ، منها اثنتان تعتمدان على استنباط علاقات رياضية من الأشكال الهندسية فأدت الطريقة الأولى إلى معادلة من الدرجة الثالثة يمكن وضعها على الصورة التالية[2] :

س ٣ ـ ٣ س + ١ = صفر

والمجهول س فى هذه الحالة هو وتر $\frac{١}{٨}$ وباستخدام الضعف نحصل على المطلوب[3] .

وقد سلك البيرونى فى حل هاتين المعادلتين ، الطريقة الحديثة المعروفة باسم المحاولة والخطأ Trial and Error ومؤادها فرض عدة قيم لذلك المجهول حتى يمكن حصر قيمته بين كميتين منها ، نتدرج من ذلك إلى معرفة القيمة التى تقرب جدا من الحقيقة ، ومن العجيب أن قيمة وتر التسع التى توصل إليها البيرونى عن هذا الطريق هى ٦٨٤٠٤٠٢٧ر فى حين أن القيمة التى نجدها فى الجداول الحديثة هى ٦٨٤٠٤٠٢٨ر [4] .

والطريقة الثالثة التى اتبعها البيرونى لإيجاد وتر التسع ليست كسابقتيها هندسية جبرية ، بل هى حسابية *أشبه بما هو معروف حاليا باسم « التقريب المتتابع* Successive approximation » ووصل منها إلى حساب وتر التسع وتوقف عند وتر المجموع الحادى عشر الذى خرج له مساويا ٦٨٤٠٤٠٣٢ر لأنه طريق طويل وشاق احتاج إلى ست وستين عملية لاستخراج الجذر التربيعى[5] . ويقول الدكتور الفندى إن البيرونى " سلك هذا الطريق الشاق لرغبته فى زيادة

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى : المقالة الثالثة ص ١٠٢ ، ويلاحظ أن البيرونى عالج موضوع استخراج وتر التسع فى كتابه « استخراج الأوتار فى الدائرة بخواص الخط المنحنى فيها » تحقيق د . أحمد سعيد الدمرداش (طبع القاهرة سنة ١٩٦٥ ص ١٦٣ وما بعدها).

(٢) د . محمد جمال الدين الفندى ، د . إمام إبراهيم أحمد : المصدر السابق ص ١٤١.

(٣) وتر $\frac{١}{٨}$ هو المقابل لزاوية ٢٠ درجة وباستخدام ، وتر الضعف ينتج وتر زاوية ٤٠ درجة (القانون المسعودى : ص١٠٢) .

(٤) د. محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ١٤٣ .

(٥) راجع القانون المسعودى : « المقالة الثالثة » ص ١٢١ وما بعدها .

التأكد من صحة النتائج السابقة ، وكان لدقته وطول باعه الفضل فى وصوله إلى نتيجة تجعلنا نضاعف من تقديرنا لذلك العالم المسلم الكبير ، والفخر به ، واستثارة شباب علماء الإسلام أن يصلوا ما انقطع من إسهام أجدادهم فى الإسهام بتشييد مرتكزات الحضارة ، خاصة وأنه لم يكن فى متناول يديه من الآلات الحاسبة ولا من الجداول الرياضية مثل ما لدينا فى العصر الحديث » [1].

٤ ــ وفى الباب الرابع :

سلك البيرونى عدة طرق غير مباشرة بدأها باثنتى عشرة مقدمة لتثليث الزاوية ؛ لإيجاد وتر الدرجة الواحدة . وكانت هذه أول مرة يبحث فيها هذا الموضوع حتى أن العلماء فيما بعد أطلقوا عليها اسم « مسائل البيرونى [2] ».

٥ ــ أما موضوع الباب الخامس :

فهو إيجاد قيمة النسبة التقريبية ، أى النسبة بين طول محيط الدائرة ونصف قطرها . فأخذ البيرونى لذلك شكلا منتظما داخل الدائرة ، ذا مائة وثمانين ضلعا ، فيكون كل ضلع منها يمثل فى الدائرة وترا يقابل زاوية مركزية قدرها درجتان ، وعلى ذلك تكون قيمة هذا الضلع معلومة ، وبالتالى يمكن إيجاد مجموع أضلاع الشكل المنتظم . ثم أخذ شكلا منتظما آخر ، مشابها للأول ولكنه مرسوم خارج الدائرة بحيث تمس أضلاعه . واعتبر بعد ذلك أن محيط الدائرة هو وسط بين أضلاع الشكلين المرسومين ، ولما أخذ المتوسط خرجت له النسبة التقريبية (ط) = ٣٫١٤١٧٤٦٦ [3] .

ولو أن البيرونى زاد من عدد أضلاع الشكل المنتظم لاقترب محيطه من محيط الدائرة ، ولازدادت دقة القيمة المستنتجة .

---

(١) د . محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ١٤٣ .

(٢) نفس المصدر : ص ١٤٣ .

وأيضا : Cajori , florian ; : A history of mathematics P. 188 .

(٣) القيمة الحديثة للنسبة التقريبية هى ٣٫١٤١٥٩٢٧ أو $\frac{٢٢}{٧}$: لاحظ د . محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ١٤٦ .

٦ ـ وفى الباب السادس :

طرق البيرونى موضوع نصف القطر فى الدائرة ، فاختار له أن تكون قيمته مساوية للوحدة ، وبذلك أصبح طول الوتر فى الدائرة مساويا ضعف جيب نصف الزاوية المقابلة له ، أى أن نصف ذلك الوتر هو جيب الزاوية كما هو معروف لنا الآن . يقول البيرونى « إن النسبة بين القطر والدور، وإن انضمت على قدر ما احتملت ، فإنا فى أمر الأوتار غير محتاجين إليها ، لأنا إنما نحتاج إلى النسب التى بين الأوتار وهى ثابتة على اختلاف أعداد القطر . ولأنا نريد استعمال أنصاف أوتار القسى المسماة جيوبا لسهولة الاستعمال ، وخفة الاسم .. فإنا نؤثر فى القطر أن يكون = جزأين ، ليكون نصفه الذى يسمى جيبا أعظم وربما سمى الجيب كله واحدا ؛ لتسقط عن أعمالنا مؤنة ذكر الضرب فيه والقسمة عليه »[١] .

وبذلك يكون البيرونى هو أول من اختار الوحدة لنصف القطر تيسيرا واختصارا للوقت ، وقد وضع البيرونى على أساس ذلك جداول لأنصاف الأوتار التى كانت تسمى جيوبا ، وجاءت جداوله مطابقة لجداول الجيوب المألوفة لدينا [٢] . وجاءت قيمها صحيحة إلى الرقم العشرى الثامن أو السابع ولنرى مدى دقتها في مقارنتها بالجداول الحديثة [٣] :

الزاوية	الجيب	الجداول الحديثة
١٥ / °٤	,٠٧٤١٠٤٩	,٠٧٤١٠٨٤٩
٤٥ ١٠	,١٨٦٥٢٤٠٧	,١٨٦٥٢٤٠٤
٣٠ ٣٤	,٥٦٦٤٠٦٢٥	,٥٦٦٤٠٦٢٤
١٥ ٥٧	,٨٤١٠٣٩٠٤	,٨٤١٠٣٩٠١
٤٥ ٨٠	,٩٨٦٩٩٦٣٧	,٩٨٦٩٩٦٣٧

(١) البيرونى : القانون المسعودى (المقالة الثالثة) ص ١٤٨ ١

(٢) د . محمد جمال الدين الفندى ، د . إمام أحمد : البيرونى ص ١٤٨ .

(٣) نفس المصدر : ص ١٥٠ : ويلاحظ أن النسب المئوية للاختلاف بين قيم جيوب الزوايا عند البيرونى وبين الجداول الحديثة لا تكاد تذكر فى كل زاوية على حدة بل وتتطابق فى كثير منها .

٧ ـ وفى الباب السابع :

شرح البيرونى طريقة استخدام جداول الجيوب ، سواء لإيجاد زاوية واقعة بين قيمتين مدرجتين فى الجدول ، أو لإيجاد الزاوية نفسها إذا كان جيبها معلوما ، وقد ذكر فى هذا الشأن طريقتين :

الأولى :

هى الطريقة المألوفة التى كان يتبعها العلماء حينذاك فى جميع الجداول وتقوم على أساس أخذ فترات صغيرة بين قيم المتغير (الزوايا) . وقد قام البيرونى بحساب جداول للجيوب لكل ربع درجة ، بدلا من الجداول التى كانت موجودة فى زمانه ومحسوبة لكل درجة كاملة .. وكان البيرونى يود لو حسبها لكل دقيقة قوسية إلا أن ذلك يحتاج إلى وقت أطول وحسابات أكثر ، وإن كان سيؤدى إلى نتائج أدق ، وهو فى ذلك يقول « فلهذا لو لم يتعذر تدقيق العمل لطوله ، لكان تحليل الجيوب إلى دقائق أجزاء القسى أصوب لينتقل التساهل من أجزاء لأجزاء إلى التى لم تستعملها ، وكان الأولى بنا أن نفعله ، لأن مدار أمور هذه الصناعة عليها ، ومرجع الزيجات إليها » [١] .

الثانية :

والتى كانت من ابتكار البيرونى نفسه ، ذلك أنه لما وجد أن الفترات المتساوية بين الزوايا لا يقابلها تغيرات متساوية فى النسب المثلثية . فقد وجد أن تصغير الفترات مازال غير كاف للوصول إلى أكبر درجة من الدقة[٢] . ولذلك استنبط ما يمكن أن نطلق عليه اسم قانون البيرونى (لحساب الاستكمال)، وهو صورة مبسطة لقانون جريجورى ـ نيوتن الذى أعلن بعد وفاة البيرونى بحوالى ستمائة عام[٣] .

ولم يقتصر استعمال البيرونى لهذا القانون على جداول الجيوب ، بل

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى : (المقالة الثالثة) ، ص١٩٦ .

(٢) على أحمد الشحات : البيرونى ، طبع دار المعارف سنة١٩٦٨ ص ١٢٤ .

(٣) راجع تفاصيل هذا القانون بالباب الأول (الفصل الثالث) ، ص ١٤٦ من البحث .

استخدمه فى الباب التالى فى جداول الظلال ، وطلب التوسع فى تطبيقه حتى يشمل الجداول بصفة عامة . وفى هذا الصدد يقول :

« ولأن الظلال تابعة للجيوب ، فى افتقار الصناعة إليها ، فإنا سلكنا فى استعمالها المسلك المتقدم فى تدقيق الجيوب ، وإن كان مثله فى جميع الجداول واجبا . ولكن فوضناه إلى العاقل ، العالم بأن الفضول هى فضل ما بين كل موضوعين بحيال قوسين فى سطر العدد من المطلوبات ، وأن التعديل هو فضل ما بين الفضل المحاذى وبين الفضل السابق . فإذا استعمله فى جميع الجداول ، وخاصة فيما عظم التفاوت بين فضولها ، جرى على ماقدمناه إذا تولاه »[1] .

٨ ـ وفى الباب الثامن :

يبدأ البيرونى باستنباط قانون هام من القوانين المعروفة لنا « وهو أن طول جزء صغير جدا من محيط الدائرة لا يختلف كثيرا عن طول وتره »[2] ... وقد استخدم هذه النتيجة فى اعتبار ظل عمود أو عصا رأسية مستقيما لا يتبع انحناء سطح الأرض ، وذلك لأن طول هذا الظل صغير جدا إذا قورن بطول محيط الأرض . وفى هذا يقول البيرونى « قد تقرر فى المبادئ أنه ليس لنصف الأرض عند فلك الشمس بحسب ما يدرك من النهار والليل فى مداراتها قدر محسوس . فكذلك ليس لسطح الأرض فى القدر الذى تقاس فيه أظلال الأشخاص الناتئة منه ، خلاف محسوس به ، فيما بين الانحداب والاستقامة لنزارة ذلك القدر على وجه الأرض كله .

وهكذا تكون أقسام الدوائر إذا دقت لا تخالف أوتارها إلا فيما صغر جدا من أجزاء الأجزاء[3] .

(٩ ـ ١٠) أما فى الباب التاسع والعاشر :

تناول البيرونى قوانين حساب المثلثات الكروية (المرسومة على سطح كرة) والقوانين المستنتجة فى هذا المجال هى المألوفة لدينا فى حالة المثلث الكروى القائم الزاوية ... وذلك بالإضافة إلى قانون الجيوب فى المثلث الكروى

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى : (المقالة الثالثة) ، ص٢٢٠ .

(٢) د . محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ١٥٢ .

(٣) البيرونى : القانون المسعودى ص٢٢٦ .

العام[1] . وهى قوانين تحتوى على قدر كبير من البراهين الرياضية « لسنا فى حاجة إلى سرد تفاصيلها » .

بحوث البيرونى الفلكية :

هيأت أبحاث البيرونى فى حساب المثلثات ، السبيل أمامه لتطوير بحوثه الفلكية ، وصياغة نتائج أرصاده بلغة رياضية هندسية دقيقة ؛ لذلك قام بإجراء العديد من الأرصاد وسجلها فى كتبه ، واستطاع عن طريق مشاهداته العلمية أن يتوصل إلى تحديد أوقات الكسوف والخسوف وتحديد أوج الشمس ، وقياس محيط الأرض . وسنعرض لهذه الأرصاد بشئ من التفصيل :

أولا : كسوف الشمس وخسوف القمر :

تناول البيرونى بالتفصيل كسوف الشمس وخسوف القمر ، وكيفية حساب أوقاتهما ، ومعرفة مقدار الجزء المنكسف وموضعه ، ووصف أنواع الكسوفات المختلفة .

فيقول عن كسوف الشمس « القمر إذا توسط بينهما وبين البصر ، ويكون الجانب الذى يلى الشمس منه مضيئا والذى يلينا بحاله غير مستنير « وأما خسوف القمر ، فإنه » يعرض له عند توسط الأرض بينه وبين الشمس حتى يحجب الشعاع الواقع عليه »[2] .

وقد توصل البيرونى إلى حقائق علمية أثبتها العلم الحديث فى هذا الموضوع من أهمها :

١ـ أن الشمس نورها ذاتى ، أما القمر فهو جسم مظلم يستمد نوره من الشمس فيقول « الشمس مما لا يشك أحد من أهل الصناعة فى أنها نيرة ، والقمر غير نير كاستنارتها ، وإنما تضيئ منه الجانب المواجه للشمس ، على مثال استنارة الأرض والجدران وأمثالها من المستحصفة لوقوع الشعاع عليها

---

(١) د . محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ١٥٣ .
(٢) البيرونى : القانون المسعودى ، المقالة الثامنة (الجزء الأول) ص ٣٣ .

وعدم نفوذه فيها لعدم الشفاف »[1] .

٢ـ أدرك البيرونى أن الأرض تفعل نفس فعل القمر فى الكسوف للناظر إليها من بعيد أو من كوكب آخر ، وفى ذلك يقول « فمن توهم نفسه فى الجو واقفة بحيث لا يخفى عن بصره فى مدة الشهر كما هو لظل كلية الأرض ، ثم دارت الشمس عليها فى اليوم رأى من الضوء عليها هلالا يتزايد حتى ينصفها النور والظلام وكذلك إلى أن يستنير منها ما يرى على مماثله الاستقبال ، ثم يتناقص على التدريج إلى الهلال الأخير والمحاق ، وهذه هى حال ظل القمر وغاية طوله وفخامة حجمه »[2] .

ويبدو من هذا النص مدى نضج الخيال العلمى لدى البيرونى وإلمامه بالقوانين الفلكية الدقيقة .

٣ـ وفى موضوع إمكان رؤية الهلال ، شرح البيرونى الأسباب التى تمنع رؤيته حتى مع وجوده فوق الأفق ، ثم أوضح بالطريق الهندسى الحدود النسبية بين القمر والشمس والتى عليها يعتمد ظروف رؤية الهلال ما لم تتدخل العوامل الجوية .

٤ـ يصف البيرونى جهازا يسمى « البربخ » لرصد رؤية الهلال ، وهو أشبه بمناظيرنا الفلكية ـ فيما عدا وجود العدسات أو المرايا ـ من ناحية حركته فى اتجاهين ، وتركبت أنبوبته وطلاتها من الداخل باللون الأسود « وعلى هذا » « البربخ » الذى ينصب على عمود له حركتان ، إحداهما على نفسه حتى يدير « البربخ » فى جميع الاتجاهات والآخر يمكن أن يحرك « البربخ » فى سطح دائرة الإرتفاع الذى هو فيها لا يزول عنه . وأما « البربخ » فلا يقصر عن خمسة أذرع ، وسعته عن ذراع ، يجتمع فيه البصر ويقوى بظله وظلمته ، ويزداد فى ذلك جوفه من داخله[3] .

ثانيا : إثبات البيرونى لحركة أوج الشمس :

أثبت البيرونى أن أوج الشمس متحرك على عكس ما ذهب إليه بطليموس

(١) المرجع السابق ص ٣٤ .

(٢) البيرونى : القانون المسعودى : (الجزء الثانى) ص ٨٩٧ .

(٣) المرجع السابق : ص ٣٦ .

فى المجسطى الذى قال بأن أوج الشمس ثابت لا يتحرك وأثبت ذلك فى القانون المسعودى ، حيث يقول فى الباب السابع من المقالة السادسة « إن بطليموس استخرج موضع الأوج الذى هو موضع بعد الشمس الأبعد من الأرض ، وبنى عمله على أساس موضوعاته من مد وقطع الشمس أرباع فلك البروج ، ثم ذكر أن بوجوده إياها وموضع الأوج موافقا لوجود ايرخس ، أوجب عنده اختصاص أوج الشمس بعدم الحركة ، ومن أجل التقليد للثقات فيما عدا خبرهم عن الوجود غير مسوغ فى هذه الصناعة فلا أقل من امتحان ما ذكر مصداقا فى وجوده ..... »[1].

ويلاحظ أن البيرونى هنا لم يعول كثيرا على آراء الأقدمين كمصدر أساسى فى منهجه ، وإنما جعل من الامتحان والتجربة وسيلة للتثبت من صحة هذه الآراء أو مخالفتها للواقع .

ويستطرد البيرونى فى البراهين النظرية ، ثم يحلل أرصاد من سبقوه من فلكى المسلمين أمثال الخازن وسند بن على ، وثابت بن قرة الحرانى والبتانى والبوزجانى ، ويسجل بكل دقة تاريخ ومكان كل الأرصاد ، ويقارن هذه الأرصاد السابقة بأرصاده الخاصة ، التى أجراها فى أزمان وأماكن مختلفة لاستخراج أوج الشمس ، ويبرهن بما لا يدع مجالا للشك على أن الأوج متحرك ، ثم يحاول إيجاد قيمته من جهة أخرى حتى يصل إلى النتيجة التالية :

« ونقول بعده قد استبان أن الأوج منتقل بحركة بطيئة ، والمدة بين أرصاد المأمون وبيننا قصيرة ، وإن لم تخف فيها هذه الحركة ، وحصة الدرجة الواحدة منها قريبة من تسع وتسعين سنة ، فإن القلب قلما يركن إلى التعويل عليه ، ثم الذى ذكره بطليموسُ من موضع الأوج غير معتمد أصلا ، لاستعماله فيه وقت الانقلاب ، ولذكره أنه وحده حيث وجده ايرخس ، وبينهما من السنين أكثر مما بين المأمون وبيننا ، والحركة فى هذه ظاهرة وكيف تخفى فى تلك ولم يخف فيها حركات أوجات الكواكب ، وإذا قسنا وجودنا الأوج إلى ما ذكر بطليموس من موضعه كانت حصة الدرجة قريبة من ست وأربعين سنة ، وإن أخذناه فى زمان

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى ، المقالة السادسة ، الباب السابع ص ٦٥١ .

ايرخس قاربت الحصة ستين سنة بالتقريب ، وقد أبنا عن وجود هذه الحركة من هذه الجنبة وليس معنا من أرصاد غير هذه ..... »[1] .

وقد حدد البيرونى مقدار حركة أوج الشمس بدقة بالغة تقارب المقدار المثبت فى العصر الحديث ، يقول فؤاد سيزكين فى كتابه « محاضرات فى تاريخ الإسلام » :

« إن الفلكيين المسلمين لاحظوا لأول مرة فى القرن الثالث أن أوج الشمس غير ثابت ، وقد اشتغلوا فيما بعد بتثبيت حد الحركة ، فنرى مثلا البيرونى يحاول فى القرن الخامس بناء على أربعة أرصاد فى المواسم الأربعة أن يحسب مقدار هذه الحركة بواسطة الحساب التفاضلى . وقد كان المقدار النهائى الذى أثبته الفلكيون المسلمون لهذه الحركة هو (١٢٫٠٩) ثابتة فى السنة ، وهو تحديد لا يختلف كثيرا عن المقدار المثبت فى العصر الحاضر وهو (١١٫٤٦) ثابتة فى السنة »[2] أى أن أوج الشمس يتحرك بمقدار درجة واحدة كل ثلاثمائة عام تقريبا[3] ـ وهذا ما أثبتته أيضا الأرصاد الفلكية الحديثة .

قياس محيط الأرض :

إن قياس محيط الأرض مازال *موضع اهتمام العلماء حتى عصرنا الحاضر* . وعندما ترجم المسلمون علوم الهند واليونان ، وجدوا تضاربا فى نتائج تلك القياسات فقد استعمل علماء الهند وحدة (الجوزن) (تقرب من ثمانية أميال عربية) ، بينما استخدم علماء اليونان وحدة الاسطاذيا Stadium (حوالى ٦٠٠ قدم) . وفى ذلك يقول البيرونى « ويختلف ذكر الأمم لمقادير القسى الأرضية ، بما اصطلحوا عليه فى تقرير المسافات ، فما من بقعة إلا ولأهلها فى الذراع التى يحملونها معهم ـ فضلا عما بعدها ـ أقاويل يَعْسُرُ هنا حصرها بل يتعذر على جامعها تحصيلها ، ثم لا يثبت ذلك منهم على الأحقاب

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى : ص ٦٥٢ .
(٢) د . على عبدالله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ، ص ١٠٠ .
(٣) د .محمد جمال الدين الفندى : البيرونى ص ١٦٥ .

والقرون وإنما يتغير فى قليل من الزمان . ولم يتصل بنا فى هذا الباب كلام مسند إلى ذوى التحصيل غير ماورد من جهة الروم والهند ، وكل واحد منهما يخالف الآخر بمقدار لا يكاد يتجه له وجه ، وقد قدر الهند دور الأرض بمسافة تشتمل على ثمانية أميال من أميالنا ، واختلف رأيهم فى كل الدور فذكر فى كل واحد من سدهانداتهم الخمسة بخلاف ما فى الآخر ، وقدروه الروم بمقدار أسموه استظايا »[1] .

وللأسباب السابقة أمر المأمون جماعة من العلماء بقياس محيط الأرض فاختاروا لذلك صحراء سنجار فى العراق حيث انقسموا إلى فريقين ، قام الفريق الأول بالقياسات فى اتجاه الشمال ، والآخر فى اتجاه الجنوب . وقد اختلفت النتائج بعد ذلك ، هل كانت المسافة ٥٦ ميلا أم $\frac{٢}{٣}$ ٥٦ وهو « موضوع تحير باعث على تحديد الامتحان والرصد ومن لى به ؟ وهو محتاج إلى اقتدار بسبب الانبساط فى المكان ، والاحتراس من غوائل المنتشرين فيه »[2] .

طريقة البيرونى فى قياس محيط الأرض :

لم يطمئن البيرونى إلى صحة هذه القياسات ، لذلك قام بالقياس مرة أخرى فى الهند إذ وجد جبلا يطل على صحراء مستوية الوجه ، فاستخدم طريقة جديدة فى قياس محيط الأرض ، إذ صعد إلى قمة الجبل وقاس زاوية انخفاض دائرة الأفق . ومن أسفل الجبل ، استطاع قياس ارتفاعه من رصد ارتفاع قمته ، وبذلك أمكنه حساب قيمة نصف قطر الأرض .

وفى ذلك يقول البيرونى « وعلى شدة حرصى أتولى الاعتبار ، واختيارى له قاعا صفصفا فى شمال دهستان التى بأرض جرجان ، ثم عجزى عن المغاور المتعبة والمعين الصادق عليه ، عدلت فيه إلى طريق آخر لما وجدت بأرض الهند جبلا مشرفا على صحراء مستوية الوجه ، ناب استواؤها عن ملامسة سطح البحر . فقست على ذروته ملتقى السماء والأرض ـ أعنى دائرة الأفق ،

---

(١) البيرونى : التفهيم لأوائل صناعة التنجيم ، ص ٩٨ .

(٢) البيرونى : تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن ، تحقيق د . ب بولجاكوف طبعة القاهرة سنة ١٩٦٢ ، ص ٢١٣ .

فوجدته منحطا فى الآلة عن خط المشرق والمغرب بأنقص قليلا من ثلث وربع جزء ، فأخذته أربعا وثلاثين دقيقة . واستخرجت عمود الجبل بأخذ ارتفاع ذروته فى موضعين ، هما أصل العمود على خط مستقيم ..... »[1] .

ثم أورد البيرونى بعد ذلك هذه الطريقة بالتفصيل « فى آخر كتاب الاسطرلاب »[2] حيث يقول :

« وفى معرفة ذلك طريق قائم فى الوهم صحيح بالبرهان والوصول إلى عمله صعب لصغر الاسطرلاب ، وقلة مقدار الشىء الذى يبنى عليه فيه . وهو أن تصعد جبلا مشرفا على بحر أو برية ملساء وترصد غروب الشمس فتجد فيه ما ذكرناه من الانحطاط ، ثم تعرف مقدار عمود ذلك الجبل وتضربه فى الجيب المستوى لتمام الانحطاط الموجود ، ونقسم المجتمع على الجيب المنكوس لذلك الانحطاط نفسه ثم نضرب مع ما خرج من القسمة فى اثنين وعشرين أبدا ، ونقسم المبلغ على سبعة فيخرج مقدار إحاطة الأرض بالمقدار الذى به قدرت عمود الجبل ... وإلى التجربة يلتجأ فى مثل هذه الأشياء وعلى الامتحان فيها يعول ، وما التوفيق إلا من عند الله العزيز الحكيم » .

ويتضح من هذا النص أن البيروني كان يطبق دائما قواعد الاستنباط الرياضي علي تجاربه الفلكية متبعا أسلوب التجربة ثم استنباط العلاقات والتعبير عنها بلغة الرياضيات ضمانا للدقة في بيان أرصاده المختلفة[3] .

. لذلك وضع البيرونى نظريته لاستخراج محيط الأرض ، واستعمل المعادلة التالية فى حساب نصف قطر الأرض :

$$س = \frac{ف\ جتا}{١ - جتا} \quad (\text{ معادلة البيرونى })\ .$$

---

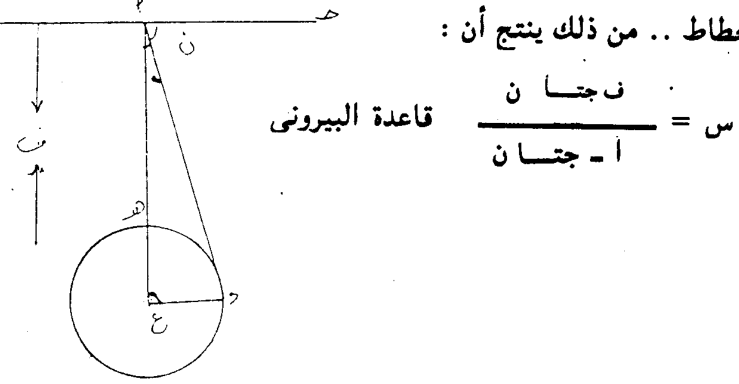
(١) البيرونى : المصدر السابق ص ٢٢٣ .

(٢) اورد كارلونللينو هذا النص نقلا عن النسخة الخطية للكتاب المخطوط بمكتبة برلين (فى كتاب : علم الفلك : تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ص ٢٩١) .

(٣) د . محمد جمال الدين الفندى ، د . إمام ابراهيم أحمد : البيرونى ص ١٦٢ .

ويبرهن كارلونللينو على صحة هذه المعادلة كما يلى[1] :

نفرض أن « أ » هى قمة الجبل ، أ ع هو الخط الواصل من أ إلى مركز الأرض ع .. ويسمى البيرونى زاوية ع أ د انحطاط الأفق .. وعلى هذا زاوية ع = زاوية ن (لأن كلا منها تتم زاوية ع أ د) ورمز إلى س بنصف قطر الأرض ، وبحرف « ف » إلى ارتفاع الجبل ... وبزاوية « ن » إلى الانحطاط .. من ذلك ينتج أن :



$$\text{س} = \frac{\text{ف جتا ن}}{\text{ا - جتا ن}}$$ قاعدة البيرونى

البرهان على طريقة البيرونى بلغة العلم الحديث : [2]

لنفرض نقطة « أ » قمة جبل ما وخط أ هـ عموده أى ارتفاعه (لاحظ الشكل السابق) وهو خط يصل امتداده إلى نقطة ع التى هى مركز الأرض ، ثم نرسم خط ب ج عمودا على أ ع موازيا لأفق قمة الجبل ونرسم أيضا خط أ د المماس لمحيط الدائرة فى نقطة د .

وحيث أنه يبرهن فى الهندسة على أن الخط المستقيم المماس لدائرة ما عمودى على نصف القطر الواصل إلى نقطة التماس . يكون أ د عمودى على ع د . والمثلث أ د ع يكون قائم الزاوية فى د ، أما زاوية ج أ د فهى ما يسميه البيرونى زاوية انحطاط الأفق ، ومن الواضح أنها تمام زاوية ج أ د أى أنها تعادل زاوية أ ع د .

فإذا أشرنا بحرفى نق إلى نصف القطر المنسوبة إليه الخطوط المساحية ،

---

(١) كارلونللينو : علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ، ص ٢٩١ وما بعدها .
(٢) يلاحظ : أن هذا البرهان الذى نورده بلغة العلم الحديث ، هو نفس برهان البيرونى ، ونتيجته هى نفس النتيجة التى توصل إليها البيرونى .

وبحرف ر إلى نصف قطر الأرض ، وبحرف (ف) إلى ارتفاع الجبل ، وبحرف ن إلى الانحطاط ينتج من قواعد حساب المثلثات المستوية أن :

$$جا ~ ع ~ ا ~ د = جتا ~ ج ~ أ ~ د = جتا ~ ن = نق \frac{د ~ ع}{أ ~ ع} = نق \frac{ر}{ر + ف} .$$

$$\therefore نق = جتا ~ ن ~ (ر + ف) = رجتا ~ ن + ف ~ جتا ~ ن$$

$$\therefore نق ~ ر - ر ~ جتا ~ ن = ف ~ جتا ~ ن ~ ر ~ (نق - جتا ~ ن) = ف ~ جتا ~ ن .$$

$$\therefore ر \frac{ف ~ جتا ~ ن}{(نق - جتا ~ ن)} .$$

وبضـــرب ر × ط أى ($\frac{22}{7}$) ينتج لنا مقدار محيط الأرض .

وهذه الأخيرة هى قاعدة البيرونى فى قياس محيط الأرض . التى أوردها بعد ذلك فى كتابه « القانون المسعودى » .

ومنها « استنبط أن مقدار درجة من خط نصف النهار تساوى ٥٨ ميلا[١] « وعلى التقريب »[٢] .

ولما كانت النتيجة التى وصل إليها البيرونى فى رصده لمحيط الأرض قريبة مما وصل إليه علماء المأمون ، فإنه بروح العالم لم يركب مركب الغرور ، بل اعترف بالفضل لهؤلاء العلماء ، واستعمل نتائجهم فى حساباته ، وفى ذلك يقول :

« إن حاصل امتحانه كفانا دلالة على ضبط القياس المستقصى الذى أجراه الفلكيون فى أيام المأمون »[٣] وفى موضع آخر يقول : لقد « سكن القلب إلى ماذكروه (يقصد فلكى المأمون) فاستعملناه إذ كانت آلاتهم أدق ، وتعبهم فى تحصيله أشد وأشق »[٤] .

---

(١) إذا أجرينا الحساب بجداول اللوغاريتمات الحديثة وجدناه ٥٦٫٩٢ ميلا .

(٢) كارلونللينو : المصدر السابق ص ٢٩٢ .

(٣) البيرونى : القانون المسعودى ، ص٦٥٨ .

(٤) المرجع السابق : ص ٦٥٩ .

ابحاث البيرونى الفلكية الأخرى :

ومن المواضيـــع الفلكية الأخرى التى تناولها البيرونى فى شيء من التفصيل :

١ـ إمكان رؤية الهلال ، مع شرح الأسباب التى تمنع رؤيته حتى مع وجوده فوق الأفق ، ثم العرض بأسلوب هندسى زمان ومكان الهلال مستخدما البرهان الرياضى فى شرح الحدود النسبية بين القمر والشمس والتى عليها تعتمد ظروف رؤية الهلال(١) .

كما أنه يؤكد على ضرورة الأخذ بالطريق التجريبى القائم على الرصد فى تحديد ظهور الأهلة بما يتفق مع الشرع . ويرى أن أعمال رؤية الهلال هى أبعاد لم يوقف عليها إلا بالتجربة ، وللمناظر أحوال هندسية يتفاوت لأجلها المحسوس بالبصر (٢) ـ كما تناول البيرونى زاوية ميل القمر فى مساره حول الأرض . كما فسر ظاهرة المد والجزر وبين ارتباطها بتغير وجه القمر ، وتأثير ذلك على تكوين الجزر كجزيرة « سومتات » فى الهند(٣) ، بعد انحسار الماء بها .

٢ـ فسر أسباب ظهور الفجر قبل شروق الشمس باستنامة الغلاف الجوى . وبالمثل شفق ما بعد الغروب وأوقاتهما(٤) .

٣ـ عند الحديث عن النجوم والكواكب الثابتة ، ـ اتضح الفرق بينها وبين الكواكب (الكواكب السيارة) . وأسباب تسمية النجوم بالكواكب الثابتة ، وهنا يذكر أن الفرق المألوف بينهما يرجع إلى حركة الكواكب فى مساراتها ، وتغير مواقعها فى السماء بالنسبة للنجوم ولبعضها البعض . ثم يبرهن على أن للنجوم حركة حول محور فلك البروج Ecliptic ، ويبحث تأثير وجود هذه الحركة على خصائص النجم كالشروق والغروب ، وموقعه بالنسبة للنجم القطبى ولنقطة الاعتدال . ثم وضـع جـداول فلكية دقيقة لمواقع النجوم ، حيث جمع ١٠٢٩

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى ، جـ٢ ص ٩٦٩ .

(٢) البيرونى : الآثار الباقية :ص١٩٨ .

(٣) البيرونى : تحقيق ما للهند من مقولة ، مقبولة في العقل أو مرذولة تحقيق إدوارد سخاو ،الطبعة الأولى ، ليبزج سنة ١٩٢٥م ، ص ٢٥٣ وما بعدها .

(٤) راجع « القانون المسعودى » ، البيرونى ص ٨٤٨ ومابعدها .

نجما ، وصف فيها مكان كل منها فى كوكبته ، وأعطى موقعه إلى أقرب دقيقة قوسية . وتستغرق هذه الجداول التى يقدمها أكثر من مائة صفحة من القانون المسعودى [١] .

٤ـ له بحث عن منازل القمر ونجومها طبقا لرأى العرب والهند ، وهو يعيب على الهنود تقصيرهم فى رصد النجوم فيقول « والهند فى أمر الكواكب الثابتة قليلو المحصول ، ولم أظفر منهم بمن يعرف كواكب المنازل عيانا ويشير إليها بنانا ، وإنما اجتهدت غاية الاجتهاد فى تحصيل أكثر ذلك بالقياسات وأودعته مقالة لى فى تحقيق منازل القمر »[٢] .

كما قارن بين هدف كل منهما فى دراسة تلك المنازل . فعلى حين استعملتها الهند بقصد التنبؤ والتنجيم ، استعملها المسلمون فى الربط بينها وبين أحوال السنة وفصولها والتغيرات الجوية المصاحبة لها .

٥ـ أعطى البيرونى شرحا هندسيا لحركات الكواكب والنجوم حول الأرض ، وفى مع البرهان أسباب حركتها المستقيمة والإقامة والرجوع العارضى[٣] . حيث أنه نتيجة لحركة الأرض حول الشمس ، وحركة الكواكب فى نفس الوقت نشاهده وقد سار فى مداره العادى ثم إذا به يقف عن الحركة وبعد ذلك يتراجع إلى الخلف ، وهذا ما أثبته العلم الحديث فى عصرنا الحاضر .

الأجهزة و آلات الرصد الفلكية :

ونختتم حديثنا عن إنجازات علماء المسلمين فى علم الفلك بالحديث عن آلات الرصد الفلكية . فقد اهتم بها علماء الفلك المسلمين اهتماما كبيرا ، من منطلق كونها أدوات ساعدتهم ، ومدت من قدرتهم على تحرى الدقة والموضوعية فى رصد النجوم والكواكب ، وإجراء القياسات المساحية والفلكية المطلوبة .

لذلك « كان أساس تقدم علم الفلك عند المسلمين ما أقاموه من مراصد ،

---

(١) البيرونى : القانون المسعودى ، جـ٣ صث ١٠١٢ وما بعدها .
(٢) البيرونى : تحقيق ماللهند : ص٢٤٢ .
(٣) البيرونى : القانون المسعودى ج٣ ص ١١٦٠ ومابعدها .

وما ابتكروه من أجهزة وآلات وأدوات ، وما قدموه من أزياج وجداول فلكية [1] .

فقد بنى الأمويون مرصدا فى دمشق ، وكذلك بنى المأمون مرصدا فى جبل قيسون فى دمشق ، كما بنى « بنو موسى » مرصدا فى بغداد ، وبنى شرف الدولة مرصدا للكوهى فى بستان دار المملكة ، وأنشأ الفاطميون المرصد الحاكمى على جبل المقطم ـ كما أوضحنا ـ « ويعتبر مرصد المراغة الذى بناه نصر الدين الطوسى من أشهر المراصد وأكبرها ، واشتهر بآلاته الدقيقة وتفوق المشتغلين فيه » [2] .

وقد استخدم المسلمون .. آلات رصد متعددة [3] ، سنعرض لها بإيجاز :

١ـ ***اللبنة :*** وهى جسم مربع مستوى يقاس به الميل الكلى ، وأبعاد الكواكب وعرض البلد .
٢ـ ***الحلقة الاعتدالية :*** حلقة تنصب فى سطح دائرة المعدل ليعلم بها التحول الاعتدالى .
٣ـ ***ذات الأوتار :*** أربع اسطوانات مربعة تغنى عن الحلقة الاعتدالية وهى من مخترعات تقى الدين الراصد .
٤ـ ***ذات الحلق :*** أعظم الآلات هيئة ومدلولا ، وهى خمس دوائر متحدة من نحاس ، الأولى دائرة نصف النهار ، وهى مركز على الأرض ، ودائرة منطقة البروج ، ودائرة العرض ، ودائرة الميل وكذلك الدائرة الشمسية التى يعرف بها سمت الكواكب .
٥ـ ***ذات الشعبتين :*** وهى ثلاث مساطر على كرسى يعلم بها الارتفاع .
٦ـ ***ذات السمت والارتفاع :*** وهى نصف حلقة قطرها سطح من سطوح اسطوانة متوازية السطوح ، يعلم بها السمت والارتفاع ، وهى من مخترعات

---

(١) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ، ص١١٧ .
(٢) نفس المصدر : ص١١٨ .
(٣) راجع : تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ، قدرى طوقان ص ١٣٣ ـ١٣٥ .

العلماء المسلمين [١] .

٧ـ ذات الجيب : مسطرتان منتظمتان انتظام ذات الشعبتين .

٨ـ المشبهة بالناطق : وهى ثلاث مساطر ، اثنتان منتظمتان ذات الشعبتين ويقاس بها البعد بين كوكبين ، وهى من مخترعات تقى الدين الزاصد [٢] .

٩ـ الاسطرلاب [٣] : هو آلة فلكية تمثل قبة السماء ، لذلك كان فى أول الأمر كرة ترسم عليها الخطوط الرئيسية لهذه القبة ، ثم تعين عليها مواقع النجوم [٤] .

ويقول د. الدفاع عن وصفه وطريقة عمله « يتكون الاسطرلاب فى أبسط صوره من قرص من المعدن أو الخشب يعلق بحلقة ، وفى المركز مؤشر يمكن إدارته نحو المرئى ، ويقسم القرص إلى درجات تعين زاوية ارتفاع النجم أو الشمس فى أية لحظة . ولكى يعين الوقت يبدأ بقياس ارتفاع الشمس ، ومن ثم يعين موضع الشمس لذلك اليوم فى منطقة البروج ثم يحرك المؤشر حتى ينطبق موضع الشمس مع دائرة أخرى على القرص تقابل خط العرض . ويعطى الخط الممتد من نقطة الانطباق إلى مركز الجهاز فى نهاية طرفه الآخر الوقت ، وذلك على مقياس خاص على حافة الجهاز » [٥] .

ويستخدم الاسطرلاب أيضا فى « تحديد مواقيت الصلاة ، وتحديد سمت القبلة ، إلى جانب استعماله فى أمور فلكية أخرى مثل شئون مساحة الأرض ، من تعيين المواقع ، واستخراج الارتفاعات وتقدير عرض الأنهار ، وعمق

---

(١) حاجى خليفة : كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون ، طبع اسطنبول سنة ١٣١٠ هـ الجزء الأول ص ١٣٦ .

(٢) المصدر السابق : نفس الصفحة .

(٣) كلمة يونانية « الأسطر لابون » ، وتتكون من شقين « أسطر » بمعنى النجم و« الأبون » بمعنى المرآه ، ومن ذلك قيل لعلم النجوم أسطرونوميا ومنها AStronamy (الخوارزمى الأديب) : مفاتيح العلوم ، طبع القاهرة سنة ١٣٤٢ هـ ، ص ١٣٤ .

(٤) أحمد مختار صبرى : الاسطرلاب عند العرب (محاضرات ابن الهيثم التذكارية المحاضرة الثامنة) طبع القاهرة سنة ١٩٤٧ ، ص ٢ .

(٥) د . على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ص ٣٥ .

الآبار .. وما إلى ذلك »[1] .

وقد اعترف الأوربيون بأن المسلمين أتقنوا صناعة هذه الآلات[2] ، وأجروا بها الكثير من الأرصاد ، ووضعوا الأزياج الدقيقة .

* * * * * *

نخلص مما سبق إلى أن المسلمين استطاعوا فى مجال علم الفلك أن يحققوا أدق النتائج فى الأرصاد الفلكية التى قاموا بها ، *ذلك لأن استخدامهم للغة العلم الرياضى ، وتطبيقهم لقواعد الاستنباط الرياضى على تجاربهم الفلكية ، ساعدهم على الوصول إلى أضبط القياسات الفلكية المختلفة التى أثبت العلم الحديث مدى صحتها ودقتها* .

كما كان لاستخدامهم لآلات الرصد الفلكية أكبر الأثر فى تعضيد قدراتهم العلمية والوصول إلى صياغة القانون العلمى بمعناه الحديث كما رأينا .

---

(١) أحمد مختار صبرى : المصدر السابق ص ٢٩ .
(٢) د. عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ، ص ١٢٠ .

الفصل الرابع

فى مجال الجغرافيا والملاحة البحرية

فى مجال الجغرافيا والملاحة البحرية

وفى مجال الجغرافيا وعلوم الملاحة البحرية ، انبثقت عناية المسلمين بهما من واقع حياتهم . فلقد كان عليهم « أن يعلموا شيئا عن النجوم الثابتة ، ومسير الكواكب المتحركة وغير ذلك من الأجرام السماوية ، كما كان عليهم أن يتابعوا تغيرات الطقس ، وكان هذا كله موضع عنايتهم وملاحظاتهم ؛ ليستعينوا بذلك على الترحال فى فجاج الصحراء المترامية الأطراف بقصد الحرب أو السلم على السواء »(١) .

لذلك جاءت التصورات الجغرافية عند عرب الجاهلية قبل الإسلام ـ على حد تعبير كرانشكوفسكى ـ « نزرة يسيرة ولم تتعد حدود جزيرتهم » (٢) وقد لعب الشعر الجاهلى دورا كبيرا فى حفظ هذه التصورات الجغرافية العربية « حيث تشكل المادة التى قامت عليها الرسائل العديدة اللغوية التى مهدت لظهور الأدب الجغرافي العربى » (٣) .

فقد اشتملت أشعار العرب على كثير من الحقائق الجغرافية الخاصة بوصف بيئتهم الطبيعية حتى أصبح « الشعر العربى القديم مصدرا هاما من مصادر الكتابات الجغرافية الأولى ، فهو غنى بالأعلام الجغرافية من أودية وآبار وجبال وتلال ومعالم ورسوم . ونظرة سريعة على المعلقات السبع أو العشر توضح مدى اهتمام العرب بالمظاهر الجغرافية لبلادهم » (٤) .

---

(١) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ، (سلسلة الألف كتاب) طبع القاهرة بدون تاريخ ص ٢٥ .

(٢) اغناطيوس يوليانوفيتش كرانشكوفسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ترجمة صلاح الدين عثمان (الجزء الأول) طبع القاهرة سنة ١٩٦٣ ص ٤٢.

(٣) المصدر السابق : ص ٤٤ .

(٤) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية : طبع مصر سنة ١٩٧٠ (الفصل الخامس : فى الجغرافيا إعداد : د. محمد محمود الصياد) ص ٣١٠ .

لذلك لم يكن غريبا أن نجد الجغرافية ـ بعد ذلك ـ بين الفنون التى يشتغل بها اللغويون ، « فقد كان الأصمعى (القرن الثامن الميلادى) وهو من علماء اللغة من العارفين بجغرافية بلاد العرب معرفة المدقق الخبير ، وظلت هذه الصلة بين الجغرافيا واللغة قائمة حتى عصر متأخر ، نجدها فى « تاج العروس » للزبيدى وهو من معاجم اللغة » [١] .

وبظهور الإسلام ، واتساع رقعة الخلافة الإسلامية لتشمل مساحات شاسعة فى قارتى آسيا وأفريقيا ، اتخذ العلم الجغرافى اتجاها علميا جديدا ، وأصبح من الضرورى الوقوف على أحوال البلاد التى فتحها الله بأيدى المسلمين ، ومعرفة الطرق التى تربط بين أجزاء هذه الدولة الفسيحة ، والمسافات بين الأماكن بعضها وبعض . « فقد كانت السياسة والإدارة والتجارة وما إليها مما يتطلب وصفا دقيقا للأمكنة والبقاع . وتفصيلا وافيا لأحوال شتى الأقطار ، وما تنتجه من غلات . كما كان للحج وهو ركن من أركان الإسلام أثره فى زيادة المعرفة بطرق القوافل إلى مكة والمدينة وكان نفسه عاملا له أهميته فى زيادة التعارف بين المسلمين وتبادل المعلومات »[٢] .

وقد أعقب ذلك اطلاع المسلمين على تراث اليونان والهنود الجغرافى والفلكى . إذ « لم يبدأ المسلمون فى التزود بالجغرافيا العلمية ، بمعناها الصحيح إلا فى مستهل العصر العباسى وإنشاء بغداد كعاصمة لإمبراطوريتهم كما أتاح فتح المسلمين لإيران ومصر والسند فرصة للتزود بالمعرفة المباشرة لما حققته شعوب هذا المهد القديم للحضارة ... على أن الحصول على هذه المعرفة الأجنبية لم يبدأ إلا فى عهد الخليفة أبى جعفر المنصور (١٣٥ / ١٥٨ هـ ـ ٧٥٣ / ٧٧٥ م) منشئ مدينة بغداد ، وصاحب حركة الترجمة إلى العربية »[٣] .

فقد انتقلت المعرفة الهندية فى الجغرافيا والفلك إلى العربية بفضل الترجمة

---

(١) المصدر السابق : ص ٣١٠ .
(٢) المصدر السابق : ص ٣١٠ .
(٣) د . محمد جمال الدين الفندى : الجغرافيا عند المسلمين (الجزء الأول) طبع بيروت سنة ١٩٨٢ ص ٩٠ /٩١ .

العربية الأولى للرسالة السنسكرينية (سدهاتنا) فى عصر المنصور ، وأصبح المرجع الأول لمعرفة المسلمين لعلمى الهيئة والجغرافيا ، كما أنه كان الأساس لعدة تصانيف صورت فى ذلك العهد مثل « كتاب الزيج « لإبراهيم بن حبيب الفزارى » والسند هند الصغير » لمحمد بن موسى الخوارزمى [(١)] .

أما التأثير اليونانى فقد انتقل إلى المسلمين بترجمة كتاب بطليموس فى الجغرافيا « المدخل إلى الجغرافيا » ، والذى عرفه العرب باسم « جغرافيا » فقد ترجم إلى العربية أكثر من مرة ، وأشهر ترجماته الترجمة التى عملها ثابت ابن قرة ، ثم ترجمة محمد بن موسى الخوارزمى (المتوفى ٢٣٦ هـ ٨٥٠ م) ، والذى استفاد منه فى وضع كتاب « صورة الأرض »[(٢)] ويعد هذا الكتاب أقدم أثر فى الجغرافيا العربية الإسلامية .

تعريف علم الجغرافيا عند المسلمين :

ومن ثم عرف المسلمون علم الجغرافيا بأنه « صورة الأرض » ، ويقال جغراويا « بالواو » على الأصل وهو علم يتعرف منه أحوال (الأقاليم السبعة) الواقعة فى الربع المسكون من كرة الأرض ، وعروض البلدان الواقعة فيها وأطوالها وعدد مدنها وجبالها وبراريها وبحارها وأنهارها إلى غير ذلك من أحوال الربع »[(٣)] .

ويقول ابن النديم « جرى قدماء الجغرافين على استعمال لفظ جغرافيا علما على كتاب بطليموس المعروف فى الجغرافيا » [(٤)] .

---

(١) المصدر السابق : ص ٩٢ .
(٢) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية : ص ٣١٣ .
(٣) حاجى خليفة : كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون جـ ٢ ص ٦٠١ وما بعدها ويلاحظ : أن تقسيم المعمورة إلى سبعة أقاليم ، وهى أحزمة عريضة مرتبة من الجنوب الى الشمال فى موازاة خط الاستواء ، ومبتدئة منه على وجه التقريب ، هو تقسيم وضعه اليونانيون على أساس الطول النسبى للنهار والليل ›أوميل الشمس على خط الاستواء (كراتشكوفسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ص ٢٣) .
(٤) ابن النديم : الفهرست ، ص ٢٦٨ .

مباحث علم الجغرافيا الإسلامية :

ميز المسلمون بين مباحث الجغرافيا الفلكية والرياضية ، وبين مباحث الجغرافيا الوصفية ، فالأولى عندهم هى « علم الأطوال والأعراض ، أو علم تقويم البلدان » [1] ، والثانية أطلقوا عليها اسم « علم المسالك والممالك » [2] بمعنى أن الأولى تختص بمسائل تحديد خطوط الطول والعرض فى المعمور من الأرض لتحديد مواقع البلدان ، كما تختص بتحديد شكل الأرض وحجمها وحركتها ، بالإضافة إلي فن المصورات الجغرافية (الخارطات) وأصول الرسم على سطح الكرة هندسيا .

وتختص الثانية بوصف الطرق والبلدان المعروفة وطرق التجارة ، كما تتضمن وصفا للبحار والمحيطات وطرق الملاحة البحرية ، إلى جانب وصف أحوال الشعوب وعاداتهم وسائر أنشطتهم ونظم معاملاتهم .

وسوف نعرض بشئ من التفصيل لجانب الجغرافيا الفلكية والرياضية لبيان تأثير العلوم الرياضية والفلكية فى تطوير مباحث هذا العلم . مع الإشارة بشئ من الإيجاز إلي الجانب الآخر ، الخاص بالجغرافيا الوصفية لاستكمال جوانب البحث فى مجال الجغرافية عند المسلمين .

أولا : الجغرافيا الرياضية والفلكية :

نشأت الجغرافيا الرياضية والفلكية ـ أول ما نشأت عند المسلمين (فى نهاية القرن الثانى وبداية القرن الثالث الهجرى ـ الثامن والتاسع الميلادين) [3] . نتيجة تعرفهم واتصالهم بالعلوم الهندية أولا ، ثم اليونانية بعد ذلك ـ على نحو ما أوضحنا ـ حيث طغت فى الأخيرة شخصية بطليموس ومارنيوس الصورى بمصنفاتهم الفلكية الجغرافية [4] .

والاتصال وثيق بين علم الجغرافيا والرياضيات ، وذلك لأن معرفة مواقع

---

(٣) كراتشكوفسكى : المصدر السابق ص ٢٠ .

(٢) المصدر السابق : ص ٢٠ .

(٣) كراتشكوفسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ص ١٨ .

(٤) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ص ٢٦ .

النجوم يؤدى إلى « تحديد خطوط الطول والعرض ومواقع البلدان » .

وقد اهتم المسلمون بذلك لتحديد مواقيت الصلاة ، وصنعوا لذلك الساعات الشمسية الأفقية البسيطة ، « التى استلزم تخطيطها معرفة دقيقة بخط عرض المكان المعين ، كما وأن تحديد ظل المزولة كل يوم استلزم عملية حسابية ودراية بالأمر . وفى اللحظة التى يتجاوز فيها ظل العصر ظل منتصف النهار بمقدار مقياس Gnomon يبدأ ما يسمى بوقت العصر . واختلفت القبلة فيما يتعلق بالصلاة . أو ببناء المسجد من بلد إلى آخر ، وارتبط تحديدها بمعرفة خط طول وعرض Geographical Coordinates مكة والنقطة المعينة » (١) .

كذلك تعتبر الدراسة الفلكية الرياضية للجغرافيا من الأسس الهامة « للملاحة ولإنشاء الخرائط الدقيقة »(٢) الأمر الذى مهد لظهور « أطلس الإسلام » الذى يمثل قمة الكارتوغرافيا Cartography عند المسلمين (أى فن رسم المصورات الجغرافية أو الخارطات) .

وبذلك تبوأت الجغرافيا الرياضية والفلكية المكانة السامية اللائقة بسبب ما بذل فى سبيلها من عناية واهتمام مبكر .

ا ـ سبق المسلمين إلى تحديد دوائر العرض وخطوط الطول :

يعتبر التحديد الدقيق لخطوط الطول ودوائر العرض « لأى موقع جغرافى من الأمور الضرورية للملاحة ، ولإنشاء الخرائط الدقيقة » .

ويعتمد تحديد دوائر العرض « على قياس ارتفاع الشمس ، والنجم القطبى . أو الأوج الأعلى والأدنى للنجم حول القطبى » (٣) .

وقد أجرى جغرافيو المسلمين أبحاثا متقنة إلى درجة تفوق المألوف ، انتهت بهم إلى تحديد العروض الجغرافية بطريقة دقيقة وأصيلة .

---

(١) كراتشكوفسكى : المصدر السابق ص ٢٠ .
(٢) على أحمد الشحات : أبو الريحان البيرونى ، ص ١٥٩ .
(٣) نفيس أحمد : المصدر السابق ص ١٨٧ .

فلقد وجد ابن يونس *الأذهان* مثلا « إلى الخطأ الناتج من حساب دوائر العرض بعد ظل المقياس ، إذ إن الزلل الذى يتطرق إلى الحساب بهذه الطريقة قد يبلغ ١٥ درجة ، بالنسبة إلى أن طرح الظلال يحدث من الطرف العلوى للشمس لا من نقطة المركز فيها »[١] .

أما البيرونى فقد جاء بفكرة « أقرب إلى العلم الحديث بتطبيق الطريقة المتبعة فى حساب مواضع أوج النجوم الواقعة حول القطب فى شأن الشمس أيضا .وقد جاء تحديده لخط عرض (غزنه) بهذه الطريقة دقيقا[٢] كما أوجد عروض كثير من الأماكن ، حيث سجل موقع ما يزيد على ستمائة بلد ومكان مصححا ما وقع فيه الأقدمون من أخطاء[٣] ، حيث إنه لاحظ اختلاف فى اختيار مبدأ قياس خطوط الطول فإن أهل الهند والصين وفارس بدءوا من جهة المشرق ، أما المصريون القدماء والإغريق والروم بدءوا من جهة المغرب ، ثم اختلفوا فيما بينهم ، فأخذ بعضهم البداية من ساحل المحيط الأطلنطى ، وبعضهم من جزر السعادة (كناريس) على بعد عشر درجات من الشاطئ ، وينتج عن ذلك أخطاء فى كثير من النتائج تفاداها البيرونى فى جداوله بمقارنة المسافات وفروق الأطوال الناتجة بالطرق الفلكية ، حيث أثبت فى الباب الخامس من القانون المسعودى جداول تضمنت أطوال البلدان وعروضها ، وفى ذلك يقول « بعد الاجتهاد فى تصحيحها بموجب أوضاع بعضها من بعض وما بينها من المسافات ، لا بالنقل الساذج من الكتب ، فإن فيها مختلطة فاسدة يأخذ بعض أطوال من جزائر السعادة ، وبعضها من ساحل البحر المحيط »[٤] .

أما بالنسبة لتحديد خطوط الطول فقد ظلت مسألة أشد عسرا حتى القرن الثامن عشر ، وذلك للسببين التاليين[٥] :

---

(١) نفس المصدر : ص ١٨٨ .

(٢) المصدر السابق : ص ١٨٨ .

(٣) وقع بطليموس فى أخطاء كبيرة فى تحديد الأطوال والعروض .مثال ذلك أنه بالغ مبالغة كبيرة فى تحديد طول البحر المتوسط ، وبالغ فى امتداد الجزء المعمور من الأرض . وجعل المحيط الهندى والمحيط الهادى بحيرة ، وذلك بوصله بالمناطق الآسيوية الجنوبية بجنوبى أفريقيا ... » (جلال مظهر حضارة الإسلام ، ص ٣٩٠) .

(٤) البيرونى : القانون المسعودى ، ص ٥٤٠ /٥٤٥ ، والجداول من ص ٥٤٧ إلى ص ٥٧٩ جـ٢ .

(٥) نفيس أحمد : المصدر السابق ، ص ٧٢ وما بعدها .

أولهما : مشكلة اختياز خط الزوال الرئيسى .
وثانيهما : صعوبة حساب بعد الزاوية إلى الشرق والغرب من هذا الخط .

وقد بدأ المسلمون العمل بالنسبة لتحديد خطوط الطول فى الغرب البعيد مثل الإغريق وأحصوا إلى الداخل ۱۸۰ درجة صوب الشرق ، وفى بعض الأحيان قام المسلمون بإحصاءاتهم شرقا وغربا مع اعتبار خط الزوال أساس افتراض للقياس عليه ، وقد افترض فى بعض الأحيان أن هذا الخط يمر خلال قبة الأرض (الأرين)[١] ، وتوجد فى مركز مسطح الأرض عند خط الاستواء .

ويعتبر البيرونى هو أول من أشار إلى ما يسمى (بالطريقة الأرضية) فى الحساب فإنه بعد أن حدد بدقة أقصر مسافة طولية بين نقطتين ، وخط عرض كل منهما ، قام بحساب الفروق فى خطوط الطول من المادة العلمية التى صارت بين يديه . وقد اتبع هذه الطريقة فى تصحيح الأرقام القديمة فى جغرافية بطليموس حيث يقول « إن هذه (يقصد طريقة بطليموس قد جمعت الحقيقة على أساس من الشائعات التى سرت من الأقاليم القاصية فحسب ... وما أكثر الأماكن التى نجدها الآن مبنية فى الجغرافيا البطليموسية إلى الشرق من أماكن أخرى فى حين أنها تقع فى غربها على الحقيقة والعكس بالعكس ، ويرجع السبب إما إلى اضطراب المعلومات عن الأبعاد التى قدرت على أساسها خطوط الطول والعرض ، وإما لتغيير الأقوام لأماكنهم السابقة ... »[٢] .

كذلك استخدم البيرونى « خسوف القمر » لإيجاد خطوط الطول حيث قام برصد وقت حدوثه فى مكانين ، أحدهما معلوم الطول ، ثم تكلم عن الأسباب فى عدم التمكن من الاستعانة بكسوف الشمس أو حجب القمر للنجوم فيقول . « وثمة طريقة أخرى تحتاج إلى معرفة عرض المكانين ، حيث يرصد فيها وقت

---

(١) (الأرين) أو قبة الأرض تقع على خط الاستواء فى النقطة التى تتلاشى عندها العروض ، ويمكن تحديد النقاط الرئيسية لأطوال أى مكان من خط زوال الأرين وقد ورد ذكر هذه النظرية فى جداول الخوارزمى الفلكية حوالى عام ١١٢٦ م (كراتشكو فسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العرب ص ٧٤ / ٧٥) .
(٢) البيرونى : تحديد نهايات الأماكن ص ١٢١ .

عبور القمر لاتجاه الشمال والجنوب فى ليلة معينة ، وبعد إجراء بعض التصميمات ينتج فرق الطول بين البلدين ... وإذا استطعنا معرفة المسافة بين بلدين وعرضيهما فإن الفرق فى الطول يمكن حسابه »(١) .

وبعد أن استخدم البيرونى الطريق التجريبى المدعم بالبراهين الهندسية والرسوم التوضيحية فى تحديد دوائر العرض وخطوط الطول ، قام بتسجيل ما توصل إليه من نتائج على نموذج كبير للكرة الأرضية ، وفى ذلك يقول « لم أدخر جهدا ولا مالا فى تحقيق غرضى فعملت كرة مقدارها ١٠ أذرع لأبين عليها خطوط الطول والعرض للأمكنة والبلدان محسوبة من المسافات بينها »(٢) .

وبذلك يكون البيرونى قد سبق علماء العصر الحديث فى القياس والتحديد المساحى لما يسمى (بإحداثيات) عدد من الأماكن فى دقة ملحوظة كما أدخل طريقة بسيطة لعمل النماذج المجسمة (٣) . كما أنه يعتبر أول من وضع أصول الرسم على سطح الكرة حيث جاء فى كتابه « الآثار الباقية »(٤) فصل خاص فى تسطيح الكرة وهذا الفصل الأول من نوعه ، ولم يعرف أن أحدا كتب فيه من قبله ، كما أنه شرح وفصل فى كتب أخرى هذا الموضوع الذى أجمله فى الآثار الباقية ووضع القوانين الجغرافية والرياضية الخاصة بهذا الرسم ، والتى يستعين فيها بأجهزة دقيقة « كالاسطرلاب » بأنواعه ، مثل كتابه « تسطيح الصور وتبطيح الكور » .

وكان لهذا الكتاب أثره الكبير فى تطوير فن رسم الخرائط .

٣- تحديد المسلمين لشكل الأرض وحجمها وحركاتها :

يقول ابن خرداذبة (المتوفى ٨٨٥م) « إن الأرض مدورة كتدوير الكرة

---

(١) البيرونى : المرجع السابق ص ١٥٧ .
(٢) البيرونى : المرجع السابق ص ٢٧٠ ومابعدها .
(٣) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ص ١٦٢ / ١٦٣ .
(٤) البيرونى : كتاب الآثار الباقية عن القرون الخالية ص ٣٥٧ ومابعدها .

موضوعة فى جوف الفلك كالمحة فى جوف البيضة »[1] .

ويقول ابن رسته (المتوفى ١٩٠٣ م) « إن الله عز وجل وضع الفلك مستديرا كاستدارة الكرة أجوف دوارا ، والأرض مستديرة أيضا كالكرة مصمتة فى جوف الفلك »[2] .

وقد أكد البيرونى على نفس المعنى بقوله « العالم بكليته جرم مستدير الشكل متناه فى حواشيه .... »[3] .

ومعنى ذلك أن المسلمين أدركوا كروية الأرض ، وأثبتوا ذلك بالبراهين اليقينية ، يقول ابن رسته « والدليل ذلك يقصد كروية الأرض ٪أن الشمس والقمر وسائر الكواكب لا يوجد طلوعها وغروبها على جميع من فى نواحى الأرض فى وقت واحد ، بل يرى طلوعها على المواضع المشرقية قبل غيبتها عن المغربية ، ويتبين ذلك من الأحداث التى تعرض فى العلو فإنه يرى وقت الحدث الواحد مختلفا فى نواحى الأرض »[4] ويبرهن المسعودى على ذلك أيضا بقوله « إن الشمس إذا غابت فى أقصى الصين كان طلوعها على الجزائر العامرة فى « بحر أوقانيوس » [5] الغربى ، وإذا غابت فى هذه الجزائر كان طلوعها فى أقصى الصين ، وذلك نصف دائرة الأرض »[6] .

وعلى ذلك ومما سبق يظهر جليا أن علماء العرب والمسلمين قد اكتشفوا كروية الأرض وحركتها حول الشمس ، وما ترتب على ذلك من تعاقب الليل والنهار ، والفصول الأربعة قبل كويرنيك بعدة قرون « وليس كما يدعي علماء الغرب خطأ وبهتانا بأن كويرنيك هو صاحب فكرة كروية الأرض »[7] فالفكر الجغرافى فى العصور الوسطى لم يقبل فكرة كروية الأرض لتعارضها مع

---

(١) ابن خرداذبة : المسالك والممالك ، طبعة ليدنو سنة ١٣٠٩ هـ ص ٤ .
(٢) ابن رسته : الأعلاق النفيسة ، طبعة ليدن سنة ١٨٩١ م ص ٨ .
(٣) البيرونى : القانون المسعودى ، ص ٢١ .
(٤) ابن رسته : المرجع السابق ، نفس الموضوع .
(٥) بحر أوقيانوس (أو بحر الظلمات) كما أطلق عليه المسلمون هو المحيط الأطلنطى .
(٦) المسعودى : مروج الذهب ، ٣٤/٣ .
(٧) د . على عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين فى تطوير علم الفلك ، ص ٢٩ .

المعتقدات الدينية ، فقد « اعتبر سان أوغسطين استدارة الأرض مسألة لا يمكن التسليم بها »[1] .

وعلى ذلك يتأكد سبق المسلمين للأوربيين بعدة قرون فى هذا المجال ففتحوا بذلك الطريق أمام منجزات جاليليو وكيلر وكوبرنيكس فى عام ١٥٤٣ م[2] .

أما عن حسابات تقدير حجم الأرض ، وقياس محيطها . فقد جاءت قياسات المسلمين أدق ما تكون ، وأقرب إلى قياس العلم الحديث ـ كما أوضحنا[3] ـ ويكفى أن نورد هنا قائمة قياسات يونانية وهندية مقارنة بالقياس الإسلامى ، لتقف على مدى الدقة التى حققها المسلمون فى هذا المجال[4] :

أولا : اليونان :

١ـ أرسطو	Aristotle	٤٥,٩٦٤ ميلا
٢ـ إراتوستينس	Eratosthenes	٢٥,٠٠٠ ميل
٣ـ بوسيدونيوس	Posedonius	١٨,٠٠٠ ميل
٤ـ بطليموس	Ptolemy	١٨,٠٠٠ ميل

ثانيا : الهنود :

١ـ أريابهاتا	Aryabhata	٣٣,١٧٧ ميلا
٢ـ براهماجوبتا	Brahmagupta	٥٠,٩٣٨ ميلا
٣ـ أكاريا	Acharya	٤٨,٧١٤ ميلا

ثالثا : المسلمين :

١ـ القياس المأمونى	٥٦,٠ ميلا
٢ـ البيرونى	٥٦,٠٥٠ ميلا

---

(1) Sarton (G) : Introduction to the history of science Vol. II P. 46 .

(٢) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية ص ٣٢٤ .

(٣) راجع قياس فلكى المأمون والبيرونى ص (٢٦٠ / ٢٦١) .

(٤) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ص ١٩١ / ١٩٢ .

وهذا القياس الأخير هو ما أثبتته جداول اللوغاريتمات الحديثة بمقدار ٥٦.٩٢ ميـــلا .

٣ ـ فن المصورات الجغرافية (الخارطات) Cartography :

تطور فن المصورات الجغرافية العربية على (ثلاث مراحل)[١] أو عهود مختلفة ، عبر خلالها بثلاثة أنواع من المناهج وطرق التنفيذ تلت بعضها بعضا فى الناحية الزمنية على وجه التقريب .

١ ـ المرحلة الأولى وفيها كان فن الخرائط السائد هو المنسوب إلى بطليموس ، ويمثلها فى القرن التاسع أعمال الخوارزمى « حيث يعتبر من أوائل صانعى الخرائط ، فقد ألف كتابه (صورة الأرض) موضحا « بالخرائط ، كما قام بإعداد خريطة للنيل »[٢] .

٢ ـ المرحلة الثانية ، وجاءت على خلاف الأولى ، وكانت مستقلة تماما فى التصور العام والتنفيذ . « وقد تميزت بطابع يتجلى فى إنشاء (٢١) خريطة تكون فى مجموعها « أطلس الإسلام »[٣] ، وظهر فى تلك الفترة ما يمكن أن نسميه بمدرسة البلخى (المتوفى عام ٩٣٤) حيث « صنف كتابا يعرف باسم : « صور الأقاليم »[٤] ، وهو فى جوهره مصورات جغرافية أضيفت إليها نصوص مختصرة ، وقد أطلـق « ملر Miller » على أطلس البلخى اسم (أطلس الإسلام) حيث اشتمل على مصورات للعالم والجزيرة العربية ، ولبحر فارس والمغرب ومصر والشام وبحر الروم ، كما يشتمل أربعة عشر مصورا آخر لأنحاء من أواسط العالم الإسلامى وشرقه [٥] .

ويقول نفيس أحمد « إن هذا المصنف مقسم بحسب المناطق المناخية

---

(١) الدوميلى : العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ، ترجمة د . محمد يوسف موسى ، د . عبد الحليم النجار ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٢ ، ص ٣٩٤ .
(٢) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافية ، ص ١٤١ .
(٣) الدوميلى : المصدر السابق ، ص ٣٩٤ .
(٤) د . محمد جمال الدين الفندى : الجغرافيا عند المسلمين ، ص ٣١ ، ٣٢ .
(٥) المصدر السابق : ص٣٣ .

لتوضيح خرائطه .. وقد فقد كله »[١] .

وينبغى أن يلاحظ أن خرائط هذه المرحلة جاءت دون استثناء « تصويرية لا تراعى درجات العرض ولا درجات الطول ، ولا مختلف العناصر الجغرافية الرياضية الأخرى »[٢] .

٣ـ أما المرحلة الثالثة للخرائط العربية يمثلها البيرونى والإدريسى على وجه الخصوص ، وفيها تأخذ العناية بالجغرافيا الرياضية مظهرا عظيما ، ويتسع الرسم فيشمل كل العالم المعروف ، دون اقتصار على البلدان الإسلامية ، والأسس التى بنيت عليها الخرائط فى هذه المرحلة ، هى تحديد درجات العرض والطول للعناصر الجغرافية ، وتقسم هذه العناصر على الأماكن التى يعينها لها الرسم التصميمى الذى تعرضه الخريطة ، وأخيرا الرسم البالغ الدقة للشواطىء ومجارى الأنهار مع الاتجاه إلى مطابقة الواقع إلى حد بعيد[٣] .

فقد قام البيرونى بعمل خريطة مستديرة للعالم فى كتابه « التفهيم لأوائل صناعة التنجيم »[٤] تناول فيها مسألة تقسيم العالم بالنسبة لخطوط الطول والعرض وموقع البحار من اليابسة ، ويفرق بين البحر والمحيط ، ويتحدث عن البحيرات التى تتخلل الأرض واليابسة ومواقع الجبال منها ، ويلحق ذلك بمجموعة خرائط موضح عليها مساحات اليابسة والبحار ، وموضح عليها أسماء البلاد والمحيطات ، كذلك ابتكر البيرونى طريقة لتصميم خرائط السماء والأرض ، واستطاع نقل صور الأرض الكروية إلى الورق المسطح ، وجاء فى كتابه « الآثار الباقية » فصل خاص عن تسطيح الكرة يعد الأول من نوعه ، استطاع « أن يحلل فيه فكرة مساقط الخارطات Cartography pr projection بطريقة هندسية رائعة »[٥] أكدت سبقه إلى فكرة وضع خريطة على أسلوب مركاتور Mercator فى العصر الحديث الأمر الذى دفع أحد الأخصائيين

---

(١) نفيس أحمد : المصدر السابق ، ص ١٤١ .
(٢) الدوميلى : المصدر السابق ، ص ٣٩٤ .
(٣) الدوميلى : العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ، ص ٣٩٤ .
(٤) البيرونى : التفهيم ، ص ١٠٢ ومابعدها .
(٥) على أحمد الشحات : البيرونى ، ص ١٦٧ / ١٦٨ .

المعاصرين إلى الاعتراف بأنه قد جمع إلى سعة العلم والمقدرة الرياضية خيالا خصبا (١) .

أما الإدريسى (أبو عبد الله محمد بن عبد الله بن إدريس ، المعروف بالشريف الإدريسى) (١١٠٠ / ١١٦٦م) والمولود بالأندلس ، فيقول عنه الدوميلى إنه « كان أعظم جغرافى العالم الإسلامى ، ذا ملكة ممتازة فى رسم الخرائط »(٢) ، ويمكننا تقسيم أعماله الجغرافية العظيمة إلى مجموعتين :(٣)

المجموعة الأولى :

ترجع إلى عام ١١٥٤ م ، وهى تتألف من رسم لسطح الأرض ، كان منقوشا فى لوح من الفضة ، وكتاب كبير كان يقوم مقام الشرح والتكملة لهذا الرسم ، وهو كتاب « نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق » ويشرح فيه طريقة صنع هذه الخريطة فيقول « لما أردنا أن نستعلم يقينا صحة ما اتفقوا عليه (يقصد المتقدمين) في ذكر أطوال مسافات البلاد وعروضها فأحضر إليه لوح الترسيم وأقبل يختبرها بمقاييس من جديد شيئا فشيئا مع نظرة فى الكتب المقدم ذكرها .. فأمر أن يفرغ له من الفضة الخالصة دائرة مفصلة ، عظيمة الجرم ضخمة الجسم فى وزن أربعمائة رطل بالرومى ، فلما اكتملت أمر الفعلة أن ينقشوا عليها صور الأقاليم السبعة وأقطارها ، وسيفها وريفها وخلجانها وبحارها ومجارى مياهها ، ومواقع أنهارها وعامرها وغامرها ، وما بين كل بلدين منها ومن غيرها من الطرقات المطروقة والأميال المحدودة .... »(٤) .

ويرى الدوميلى « أن الإدريسى استخدم فى خريطته الكبيرة هذه ، والمقسمة إلى سبعين ورقة ، تصميما هندسية سبق به مركاتور Mercator فى العصر الحديث ، فقد قسم المجموع من ناحية العرض إلى سبعة أقسام

(١) كراتشكوفسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ص ٢٥١ .
(٢) الدوميلى : المصدر السابق ، ص ٣٨٦ /٣٨٧ .
(٣) الدوميلى : المصدر السابق ، ص ٣٨٧/ ٣٨٨ .
(٤) الإدريسى : نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق ، طبع روما العظمى سنة ١٨٧٨ م المقدمة ص ٥/ ٦ ، والمقصود بالمتقدمين (جغرافى اليونان) من أمثال بطليموس أوماريذوس الصورى ، والهنود أمثال : أريابهاتا وبراهما جوتا) .

(أقاليم) أفقية ، يشتمل كل منها على بلدان محصورة بين درجات العرض المبينة . وهذه التحديدات على وجه العموم دقيقة بصورة كبيرة . والجنوب ـ كما هو متبع عنـد العرب موضوع فى أعـلا الخريطة ، ووضع الشرق ـ بناء على ذلك ـ فى اليسار والخريطة مقسمة بعد ذلك إلى عشرة أقسام عمودية ، يحتوى كل منها على بلدان محصورة بين درجات الطول المبينة »[١] .

ويعبر الإدريسى عن ذلك بقوله « قسمنا طول كل إقليم منها على عشرة أجزاء مقدرة من الطول والعرض ورسمنا فى كل واحد من هذه الأجزاء ماله من المدن والأكـوار والعمـارات ؛ ليرى الناظر فى ذلك ما خفى عن عيانه أو لم يبلغه »[٢] .

المجموعة الثانية :

وتتألف من خرائط أخرى أصغر اتساعا ومقياسا ، ضمنها كتابه الآخر « روضة الأنس ونزهة النفس » وقسمها إلى (٧٣ ورقة) كونت فى مجموعها ما يسمى بالأطلس الصغير للإدريسى[٣] .

ويقرر الأستاذ كراتشكوفسكى أن الأوربيين اعتمدوا حتى بداية القرن الخامس عشر على الجغرافيا العربية ، وعلى خارطة الإدريسى الكبيرة ، والأطلس الصغير كأساس هام فى الكارتوغرافيا الأوربية قبل القرن الرابع عشر ويقول « لقد نسيت خارطة بطليموس تماما فى الغرب ، وكانت خرائط الإدريسى حوالى عام ١١٥٤م هى الأثر الوحيد الهام فى الكارتوغرافيا الأوربية قبل القرن الرابع عشر » (٤) .

وبذلك يكون علم الخرائط الإسلامى قديما نما نموا كبيرا بفضل جهود علماء المسلمين فى الحفـاظ على التراث اليونانى ، وتطويـره بإدخال العديد من

---

(١) الدوميبلى : المصدر السابق ، ص ٣٩٤ .

(٢) الإدريسى : نزهة المشتاق ، ص ١٤ ، وقد أخرج العالم الألمانى (ميللر) هذه الخريطة لأول مرة فى طبعة ملونة غاية فى الإتقان سنة ١٩٣١ م (طوقان : العلوم عند العرب ، ص ١٨٨).

(٣) الدوميبلى : المصدر السابق ، ص ٣٨٨ .

(٤) كراتشكوفسكى : تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ص ٨٧ .

الإضافات التى كان من أبرزها استخدام طرق التثبيت الرياضى الهندسى فى تحديد دوائر الطول ، وخطوط العرض ، فقد كانوا بحق أول من ابتكر طريقة الرسم على سطح الكرة فاستطاعوا أن يحددوا بدقة بالغة مواقع البلدان وحدود الأقاليم فجاءت خرائطهم « أفضل كثيرا من خرائط أوربا المسيحية فى العصور الوسطى ، حيث كانت الأساطير ذات الطابع الدينى تمثل الملامح الرئيسية فى خرائط العالم الأوربية ، دون الاهتمام بالأفكار التى أثبتها العلم »[١].

ثانيا : الجغرافيا الوصفية :

وبالنسبة للجغرافيا الوصفية فقد احتلت مكانة كبيرة عند علماء المسلمين وشكلت إنجازا من إنجازاتهم الفريدة الهامة .

فلقد ساعد اتساع ملكهم وحبهم للتجوال والترحال على أن يجوبوا آفاقا لم يبلغها اليونان قط ، وبذلك تمكنوا من الوقوف على مختلف صور الطبيعة والمدنيات العديدة والشعوب المتباينة ، وبما أنهم كانوا يتصفون بقدرة فائقة على الملاحظة والتحقيق ، « فقد ألقوا تلك الأعمال العظيمة فى هذا الميدان من القرن التاسع حتى القرن الرابع عشر »[٢].

ومن طلائع المؤلفات الجغرافية الوصفية ، مؤلفات ابن خرداذية (أبو القاسم عبد الله) الفارسى الأصل ، أنجز فى عام (٨٤٤ ، ٨٤٨ م) كتابه الشهير (المسالك والممالك) الذى يعتبر عند حد تعبير الأستاذ نفيس أحمد مبرزاً فى بابه ، وهو يحمل طرق التجارة الرئيسية فى العالم العربى بجانب وصفه لجهات قاصية مثل الصين وكوريا واليابان »[٣] وبذلك يكون قد تكلم بوضوح فيما يسميه العلماء المعاصرون بالجغرافيا البشرية والإقليمية .

---

(١) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية : ص ٣٢٦ ، ويلاحظ أن هذا الطابع الأسطورى لخرائط العصور الوسطى يظهر واضحا فى خرائط بزالتر Psalter (نحو ١٢٠٠ م)، وهيتفورد Hereford(١٢٨٠ م)، وماربنوسانتو Marino Santo (١٣٢١م) ، وابست Este (١٤٥٩م) .

(٢) جلال مظهر : حضارة الإسلام ، ص ٤٠٠ .

(١) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ص ٤٥ .

أما اليعقوبى (أحمد بن أبى يعقوب بن وهب بن واضح العباسى) المصرى الأصل (توفى عام ٢٨٤هـ / ٨٩٧ م) ، وله ما يشابه التقاويم الجغرافية الحديثة ، وقد أسماه (كتاب البلدان) ، كتبه عام ٢٨٧هـ /٨٩١م . ويبدأ فيه بوصف تفصيلى لبغداد وسامرا ، ثم تناول إيران وطوران (أفغانستان الحديثة) ، كما يمدنا الكتاب بتفاصيل طبوغرافية عن الكوفة والبصرة ومصر والشام وبلاد النوبة والمغرب ، وقد حظى هذا المؤلف بعناية مبكرة فى الغرب باعتباره من أهم المؤلفات التى تعتمد على الملاحظة الخاصة فى وصف الممالك والبلدان (١) .

وعند ذلك يقول اليعقوبى « إنى عنيت فى عنفوان شبابى وعند احتيال سنى وحدة ذهنى لعلم أخبار البلدان ، ومسافة ما بين كل بلد وبلد ؛ لأنى سافرت حديث السن واتصلت أشعارى ودام تغربى .. »(٢) .

وقد شهد القرن الرابع الهجرى العاشر الميلادى بعد ذلك نمواً كبيرا فى محيط الجغرافيا الإقليمية ، وكان على رأس هذه الحقبة الرحالة المسعودى (أبو الحسن على بن الحسين) المتوفى (٣٤٥ هـ / ٩٥٦ م) ، الذى قام بعدة رحلات شملت جميع البلدان من الهند إلى المحيط الأطلنطى ومن البحر الأحمر إلى بحر قزوين(٣) .

وكتاباته تزودنا بإلمامة بارعة للمعرفة العربية المعاصرة عن الجغرافيا الطبيعية والإقليمة والبشرية(٤) . وأهم كتبه « أخبار الزمان » وكتاب « التنبيه والإشراف » وكتاب « مروج الذهب ومعادن الجوهر » الذى بدأ تأليفه فى عام ٣٣٢هـ /٩٤٣ م .

يقول المسعودى فى مقدمة كتابه التنبيه والإشراف :

« لما صنعنا كتابنا الأكبر فى « أخبار الزمان » ومن أباده الحدثان من الأمم

---

(١) نفيس أحمد : المصدر السابق ، ص ٤٦/٤٧ .
(٢) كراتشكوفسكى : المصدر السابق ، ص ١٥٧ .
(٣) نفس المصدر : ص ١٧٧ / ١٧٨ .
(٤) د . الفندى : الجغرافيا عند المسلمين ، ص ١٢٢ .

الماضية والأجيال الحالية والمما لك الدائرة ، وشفعناه بالكتاب الأوسط فى معناه ثم قفوناه بكتاب « مروج الذهب ومعادن الجوهر » فى تحف الأشراف من الملوك وأهل الدرايات ، ثم أتلينا ذلك بكتاب فنون المعارف وما جرى فى الدهور السوالف وأتبعناه بكتاب الاستذكار لما جرى فى سالف الأعصار »[1] .

اما عن هدفه من تاليف هذه الكتب فيقول المسعودى :

« ذكرنا فى هذا الكتاب الأخبار عن بدء العالم والخلق وتفرقهم على الأرض ، والممالك والبر والبحر والقرون البائدة والأمم الخالية الدائرة ... وسير الملوك وسياساتهم ومساكن الأمم وتبيانها فى عاداتهم واختلافها فى آرائها وصفة بحار العالم .. وما يظهر فيه المد والجزروما لا يظهر ومقاديرها فى الطول والعرض .. ووصف الأقاليم السبعة وأطوالها وعروضها وعامرها وغامرها ومقادير ذلك ومجارى الأفلاك وهيأتها واختلاف حركاتها وأبعاد الكواكب وأجرامها ، واتصالها وانفصالها وكيفية مسيرها وتنقلها فى أفلاكها »[2] .

لذلك جاء مؤلفات المسعودى محتوية على وصف للممالك التى زارها ، وهو يسوق إشارات تاريخية ويناقش جميع المسائل الجغرافية الوصفية والفلكية .

ويعتبر كتاب « تحقيق ماللهند من مقولة ، مقبولة فى العقل أو مرذولة » من أهم كتب البيرونى فى مجال الجغرافيا الوصفية ، وقد نشر عقب وفاة السلطان محمود الغزنوى سنة ٤٢١ هـ / ١٠٣١ م[1] .

ويحتوى الكتاب على ملاحظات البيرونى العديدة فيما يتعلق بالجغرافيا الطبيعية ، وقد جاءت على نسق رفيع ، فنراه حين يصف جغرافية آسيا وأوروبا يتحدث عن سلسلة جبلية متصله تمتد ما بين الهملايا والألب .

---

(١) المسعودى : التنبيه والإشراف ، طبعة ليدن سنة ١٨٩٣ ، المقدمة ص ٣.
(٢) المسعودى : المرجع السابق ، ص ٨ .
(٣) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ، ص ٦٥ .

ويقول عن سهل الهند جنوب الهملايا « وأرض الهندى من تلك البرارى يحيط بها من جنوبها بحرهم المذكور (يقصد المحيط الهندى) ، ومن سائر الجهات تلك الجبال الشوامخ ، وإليها مصاب مياهها ، بل لو تفكرت عند المشاهدة فيها وفى أحجارها المدملكة الموجودة إلى حيث يبلغ الحفر عظيمة بالقرب من الجبال وشدة جريان مياه الأنهار ، وأصغر عند التباعد وفتور الجرى ، ورمالا عند الركود والاقتراب من المغايض ، والبحر لم تكد تصور أرضهم إلا بحرا فى القديم قد انكبس بحمولات السيول » [1] وفى هذا الصدد يتضح لنا حقيقة المناقشة العلمية للأصل المحتمل الذى تكون عنه هذا السهل .

كذلك تناول البيرونى وصف أنهار وجبال الهند ، ومناخها وتضاريسها كما أورد تفاصيل متعددة عن سيلان وكشمير .

يقول البيرونى « وأهل كشمير رحالة ليس لديهم دواب ولا فيلة ، ويركب كبارهم الكتوت وهى الأسرة ، ويحملون على أعناق الرجال ، ومتعهدون حصانة الموقع فيحتاطون دائما فى الاستيثاق من مداخلها ودروبها وكذلك تعذرت مخالطتهم .. وأشهر مداخلها من قرية بيرهان وهى على منتصف الطريق بين نهرى السند وجيلم ، ومنها إلى قنطرة على مجتمع ماء ... ومدينة كشمير أربعة فراسخ مبنية بالطول على حافتى ماء جيلم وبينهما الجسور والزواريق ومخرجه من جبال هرمكوت »[2] .

ثم يصف البيرونى بعد ذلك طريق التجارة والمواصلات ونظام المعاملات فى الاستيراد والتصدير فيقول « .. فإن السفن الموفدة إلى تلك البلاد تنزل فى القوارب حمولتها من الدنانير المغربية العتق ، وأنواع مختلفة من السلع كالأقمشة الهندية المخططة والملح ، وغير ذلك من أصناف التجارة

---

(١) البيرونى : تحقيق ماللهند من مقولة ، تحقيق إدوارد سخاو (طبعة ليدن) سنة ١٨٨٧ ص ٩٦ / ٩٧٩ .

(٢) البيرونى : المصدر السابق ص ١٥٩ .

المعتـادة »[1] .

وبذلك يكون البيرونى قد بسط فصولا متعددة عن جغرافية الهند الوصفية والإقليمة والبشرية ، تكشف عن مواهبه كمتأمل مدقق بارع ، ومن أعظم جغرافى العصور الوسطى .

وتجئ جغرافية الإدريسى الطبيعية والوصفية شاهدا على مدى تضلعه وطول باعه فى هذا الميدان .

فمؤلفه الشهير « نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق » يعتبر أوضح مثال على محاولات التقريب بين الجغرافيا الوصفية والجغرافية الفلكية ـ كما أوضحنا ـ .

ويعتمد الجانب الجغرافى الوصفى فى هذا الكتاب على كثرة الرحلات الطويلة التى قام بها الإدريسى « إلى مراكش والبرتغال وإسبانيا وجنوب فرنسا وإيطاليا وبلاد اليونان وآسيا الصغرى »[2] .

ويحتوى الكتاب على وصف شامل لمدن العالم المعروف ، وعلى وصف دقيق للأقاليم المختلفة ، وللنباتات التى تنمو فيها ، ومختلف الزراعات والسكان وعلى تحقيق للبحار والجبال والأنهار والوديان والسهول .

فيقول عن البحار « وتخترق الأقاليم السبعة سبعة أبحر تسمى خلجانا ستة منها متصلة وبحر واحد منفصل ولا يتصل بشئ من البحور المذكورة ، وأحد هذه البحور التى فى الأرض المعمورة (هو بحر الصين والهند والسند واليمن)[3] ومبدؤه من جهة المشرق فوق خط الاستواء بثلاث عشرة درجة ممتدة مع خط الاستواء إلى جهة المغرب فيمر بالصين أولا ، ثم بالهند ثم بالسند ثم باليمن على جنوبها وينتهى إلى باب المندب[4] .. ويتفرغ من هذا البحر الصينى الخليج الأخضر وهو بحر فارس .. ويتشعب أيضا من هـذا البحـر

---

(١) المرجع السابق : ص ١٥٩ .

(٢) جلال مظهر : حضارة الإسلام ، ص ٤٠٢ .

(٣) المحيط الهندى .

(٤) معروف حاليا بنفس الاسم .

الصينى خليـج القلزم .[1] ومبدؤه من باب المندب (من الجنوب) فيمر فى جهة الشمال مغربا قليلا فيتصل بغربى اليمن ويمر بتهامة والحجاز إلى مدين وإيله وفازان حتى ينتهى إلى مدينة القلزم[2] ، وإليها ينسب ثم ينعطف ريفه راجعا من جهة الجنوب فيمر بشرقى بلاد الصعيد ثم يأتى إلى عيذاب إلى جزيرة سواكن إلى زالغ من بلاد البجة ،[3] وينتهى إلى بلاد الحبشة ويتصل بالبحر الهندى ، وطول هذا البحر ميل وأربعة مائة وأكثر . وأكثر قعر هذا البحر أقاصير[4] تتلف عليها المراكب ، فلا يركبه إلا الربانيون العالمون بأقاصيره المختبرون لطرقه ومجاريه »[5] .

أما عن البحر الأبيض فيقول الإدريسى « أما البحر الثانى الكبير المعروف بالبحر الشامى ، فإن مخرجه من البحر المظلم الذى من جهة المغرب ومبدؤه فى الإقليم الرابع ... ويمر مشرقا فى جهة بلاد البربر بشمال المغرب الأقصى إلى أن يمر بالمغرب الأوسط ، ويصل إلى أرض أفريقيا إلى وادى الرمل إلى أرض برقة ، وأرض لوبية ومراقية إلى أرض الإسكندرية إلى شمال أرض التيه إلى أرض فلسطـين وسائـر بـلاد الشـام .. ومن هناك ينعطـف رنيـه راجعـا فيمر ببلاد أنطاكية ... ويشرقى بلاد الأندلس إلى جنوب وسطها وينتهى »[6] .

كما يتضمن الكتاب أيضا بيانا عن المحصولات المختلفة ، ووصفا للفنون والحرف التى يحسنها سكان الأقاليم المختلفة . إضافة إلى ذكر عادات وتقاليد وخلق وأديان وملابس ولغات هذه البلاد[7] .

وقد احتوى مصنف الإدريسى على هذا الجانب من وصف البلاد ومزروعاتها وغلاتها ، وأجناس بنائها وخواصها ، والاستعمالات التى تستعمل بها والصناعات التى تتفق بها والتجارات التى تجلب إليها وتحمل منها والعجائب التى تذكر عنها وتنسب إليها ، وحيث هى من الأقاليم السبعة مع

---

(١) البحر الأحمر .　　(٢) مدينة السويس الآن .　　(٣) السودان الآن .

(٤) شعاب مرجانية يزخر بها البحر الأحمر فى معظم مناطقه .

(٥) الإدريسى : نزهة المشتاق ، ص ٩/١٠ .

(٦) المرجع السابق : ص ١٢ .

(٧) جلال مظهر : المصدر السابق ص ٤٠٢ .

ذكر أحوال أهلها وهيئاتهم ومذهبهم وخلتهم ومزاجهم وزينتهم ، وملابسهم ولغاتهم »[1] .

وبذلك يكون كتاب « نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق » من أهم المؤلفات التى جمعت بين أصول الجغرافيا الرياضية فى تحديد مواقع البلدان والأقاليم ، وقد كان لاعتماد هذا المصنف على الخريطة الكبرى للإدريسى أكبر الأثر فى احتوائه على العديد من المعلومات الوصفية والإقليمية لمواقع البحار والمحيطات واليابسة ، كما كان لاشتماله على جوانب وصفية فى مجالات الجغرافيا الاقتصادية والبشرية أكبر الأثر فى اعتماد أوربا عليه لأكثر من ثلاثة قرون متتالية .

مما سبق يتضح أن مباحث الجغرافيا الوصفية والإقليمية عند المسلمين تأثرت إلى حد بعيد بالإنجازات العظيمة التى تمت فى مجال الجغرافيا الرياضية والفلكية .

فتحديد خطوط الطول والعرض ، وتطور فن المصورات الجغرافية (الكارتوجرافيا) ساعد جغرافى المسلمين على إعطاء أدق الأوصاف لمواقع البلدان وتحديد المسافات بين الأقاليم المختلفة ، والتعرف على المعمور وغير المعمور من الأرض . كما كان لحب الترحال والتجوال واكتشاف المجهول والتزود بأجهزة علمية من صنعهم إلى جانب الخرائط التى تقوم على أسس العلم الهندسى الذى وصل أعلى مراحله (بالرسم على سطح الكرة) أثره الكبير فى تطور فن الملاحة البحرية على نحو ما سوف نرى .

ثالثا : الملاحة البحرية :

بدأت معارف المسلمين عن البحار بالملاحة والخبرة الشخصية العملية وكانوا يرون أن اليابس تحيط به بحار الشرق وبحار الغرب التى حول الأرض لتلتقى مع بعضها . إذ إن فكرتهم عن استدارة الأرض غائبة عنهم وكانوا على دراية بجاذبيتها ـ كما أسلفنا ـ .

---

(١) الإدريسى : المرجع السابق ص ٦/٥ .

ويقول الدكتور الفندى إن « من الآثار الإسلامية الأولى لعلوم البحار تلك الرسالة التى كتبها تاجر عربى يدعى سليمان فى عام ٨٥١ عن سواحل المحيط الهندى وكتبها على أساس الخبرة الشخصية وتعتبر هذه الرسالة الأثر العربى الأول لعلوم البحار ، وهى المخطوط الفريد بمكتبة باريس الذى يعرف الآن باسم (رحلة التاجر سليمان) »[١] . وعلى ذلك وحد المسلمون سبيل التوسع ممهدا بفضل طلائع التجار والملاحين من المسلمين عربا وفرسا « الذين تجشموا الصعاب فى البر والحر ، وأنشأوا مراكز للتجارة على شواطئ البحر الشرقى الكبير ... كما اقتضى تنظيم الممالك والبريد فى الإمبراطورية الإسلامية تعرف طرق الملاحة ، واعتبر ذلك فى البداية أساسا من الأسس الهامة »[٢] فى علم الملاحة البحرية .

امتدت بعد ذلك سيطرة المسلمين البحرية من حوض البحر المتوسط الشرقى والغربى حتى البحر الأحمر ، والمدى المعروف من المحيط الهندى[٣] .

ويقول مونتجو مرى وات إن المسلمين « جلبوا إلى منطقة البحر الأبيض المتوسط ثمرات خبراتهم الملاحية فى المحيط الهندى .. حيث كانوا أول من جلبوا إلى البحر المتوسط (اللتينه)[٤] الشراعية وهى مراكب سريعة لها القدرة على الإبحار عكس اتجاه الريح فى حين لم يكن بوسع القرقور[٥] غير الإبحار فى اتجاه الريح . وقد اقتبس صناع السفن الأوربيون الشراع اللتينى وطوروه ، وهو مامكنهم فيما بعد من بناء سفن أكبر حجما قادرة علي عبور المحيط الأطلسى ، وعلى النهوض بغير ذلك من رحلات الاستكشاف العظيمة ، على يد البرتغال والإسبان »[٦].

الأجهزة العلمية والخرائط الملاحية :

ساهمت مخترعات المسلمين (كالبوصلة - والأسطرلاب) فى تطوير فنون

---

(١) د . محمد جمال الدين الفندى : مقدمة تاريخ العلوم وخاصة عند العرب ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٩ . ص ٣٢ .

(٢) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية : الفصل السادس (فى المعارف الملاحية) إعداد : دكتور حسين فوزى ، ص ٣٤٦ .

(٣) نفيس أحمد : جهود المسلمين فى الجغرافيا ، ص ١٣٠ .

(٤) اللتينه : سفينة ذات شراع مثلث . (٥) القرقور : سفينة أوربية ذات أشرعة مربعة .

(٦) مونتجومرى وات : فضل الإسلام على الحضارة الغربية ، ترجمة حسين أحمد أمين ، طبع =

الملاحة البحرية وتحديد الاتجاهات الأصلية الأربعة.

يقول قدرى طوقان إنه « يمكننا القول بأن العرب أول من عرفوا شيئا عن المغناطيس وعرفوا خاصتى الجذب والاتجاه ، وأنهم على الأرجح أول من استعملها فى الأسفار البحرية ، وأن آلة (بيت الإبرة)[1] واستعمالها فى الملاحة دخلا أوربا عن طريق البحارة المسلمين ، وتدل بعض المخطوطات والمؤلفات القديمة على أن العرب عملوا بعض التجارب فى المغناطيسية »[2] . جاء فى كتاب « كنز البحار » :

« ومن خواص المغناطيس أن رؤساء البحر الشامى إذا أظلم عليهم الجو ليلا ، ولم يروا من النجوم ما يهتدون به فى تحديد الجهات الأربع يأخذون إناءً مملوءا ويحترزون عليه من الريح بأن ينزلوه إلى بطن السفينة ، ثم يأخذون إبرة وينفذونها فى سمرة أو قشة حتى لتبقى معارضة فيها كالصليب ويلقونها فى الماء الذى فى الإناء فتطفوا على وجهه ، ثم يأخذون حجرا من المغناطيس كبيرا ملء الكف ويدنونه من وجه الماء ، ويحركون أيديهم دورة اليمين ، فعندما تدور الإبرة على صفحة الماء ، ثم يرفعون أيديهم فى غفلة وسرعة ، فإن الإبرة تستقبل بجهتيها جهة الجنوب والشمال ... رأيت هذا الفعل معهم عينا فى ركوبنا من طرابلس الشام إلى الإسكندرية فى سنة أربعين وستمائة »[3] .

ويؤكد الدوميبلى على نفس المعنى بقوله « والراجح فى نظرنا أن هذا الاستكشاف (يقصد البوصلة) تم فى العالم الإسلامى ، وأن الصين والشعوب المسيحية فى حوض البحر الأبيض المتوسط أخذوه عن المسلمين الذين تم لهم كشف خواص الإبرة الممغنطة فى النصف الأوول من القرن الحادى عشر الميلادى »[4] .

ويذهب مونتجمرى وات إلى أن « الفضل فى المراحل الأولى من اختراع

= القاهرة ، سنة ١٩٨٢ ، ص ٣٣ .

(١) بيت الإبرة : البوصلة .

(٢) قدرى طوقان : العلوم عند العرب ، ص ٤٧ .

(٣) المصدر السابق : ص ٤٥/٤٦ .

(٤) الدوميبلى : العلم عند العرب ، وأثره فى تطور العلم العالمى ، ص ٣١٨ .

البوصلة راجع إلى العرب ، فى حين كان للأوربيين قطعا فى المراحل التالية فضل إدخال التحسينات عليها »[1] .

كذلك ساعد الاسطرلاب الملاحين المسلمين على ارتياد البحار المفتوحة وخاصة (المحيط الهندى)، إذ إن البحارة المسلمين « مافتئوا يستخدمون الأسطرلاب لقياس ارتفاع الشمس مباشرة ، والنجم القطبى أو الأوج الأعلى والأدنى للنجم حول القطبى »[2] .

الأمر الذى ساعدهم على تحديد دوائر الطول وخطوط العرض ، وسهل لهم تحديد مواقع البلدان .

ومن ثم تمكنوا من رسم الخرائط الملاحية بدقة أذهلت الأوربيين يقول الدكتور الفندى « لقد كفل علم الحساب العربى الجديد (الغوريتمى) طريقة رائعة زكتها الحاجة لجداول أكثر دقة تستخدم فى قياسات النجوم لفائدة الملاحة البحرية . وكانت اللوغاريتمات من بين أول الثمار الثقافية للملاحة البحرية العظمى . وفكر الرياضيون فى خرائط مقسمة إلى خطوط الطول والعرض . وتبع ذلك ظهور نوع جديد من الهندسة نطلق عليه اسم « المنحنيات » اليوم »[3] .

وقد اقتبس أهل جنوة وغيرها الفن الإسلامى « لرسم الخرائط الملاحية » « وأحد الأدلة على ذلك نلمسه فى اقتباس لغات أوربية لكلمات عربية فى هذا الميدان ومن أبرز هذه الكلمات فى اللغة الإنجليزية : Admiral (أمير البحر) ، Cable (حبل) ، Shallop أو Sloop (السلوب ، هو مركب شراعى وحيد الصارى) ، Barque أو (بارجه) و Monsoon (موسم) غير أن اللغات الأخرى غير الإنجليزية نقلت عددا أكبر من الكلمات العربية »[4] .

---

(١) مونتجمرى وات المصدر السابق ص ٣٤.

(٢) نفيس أحمد : المصدر السابق ، ص ١٨١ .

(٣) د . محمد جمال الدين الفندى : المصدر السابق ص ٢٢ .

(٤) مونتجومرى وات : فضل الإسلام على الحضارة الغربية ، ص ٣٤/٣٥ .

الملاحون المسلمون :

وخير ما يمثل الجغرافية الملاحية الإسلامية بما وصلت إليه من تطور كبير ، ويحقق ما نحن بصدده من الصلات بين المسلمين والأوربيين ، هو الملاح الكبير شهاب الدين أحمد بن ماجد الملقب (بأسد البحر)[1] الذى يعتبر من أقدم من ألف فى علوم البحار ، فقد كتب فيها ثلاثين كتابا ، أهمها كتاب « الفوائد بأصول علم البحر والقواعد » ، الذى كتبه نثرا سنة ١٤٩٠م[2] ونشره المستشرق الفرنسى جبرائيل فيران Gabriel Ferran (١٩٢١ ـ ١٩٢٣م) . وقد ضم الكتاب معظم المعلومات النظرية والعلمية التى تهم الملاحين فى البحر الأحمر والمحيط الهندى وبحر الصين وقد جمع فيه خبراته الواسعة التى اكتسبها عن هذه البحار وأعماقها والرياح التى تهب عليها .. ويعتبر كتاب الفوائد أهم ما كتب فى أى لغة من اللغات فى العصور الوسطى عن الجغرافيا الفلكية والملاحية بل إنه ليرد فيه لأول مرة اسم علم جديد ، هو علم البحر الذى تطور فيما بعد إلى علم الأقيونوغرافيا Occanography ، وهو يدل على التقدم الكبير الذى بلغه العرب فى فنون البحر والملاحة حتى القرن الخامس عشر [3] .

ويقرر جبرائيل فيران « بأن ابن ماجد يطلق عليه اسم « المعلم الفلكى » ولذا سمى فى البرتغالية Malemo - canaque فالكلمة الأولى مأخوذة من كلمة « معلم » بالعربية ، والثانية من كلمة « كنكة » السنسكريتية ومعناها : « الفلكى » ، ذلك لأنه قام بقيادة الأسطول البرتغالى سنتج ١٤٩٨م من ملندى على ساحل شمال أفريقيا إلى الهند » [4] .

وقد بدأت هذه المحاولات الأوربية لارتياد المحيط الهندى « فى عهد الأمير هنرى الملاح للوصول إلى الهند ، وقد تمكن أحدهم وهو برثلمودياز

---

(١) هو شهاب الدين أحمد بن ماجد ، ولد فى جلفار فى عمان حوالى سنة ١٤٣٠ م وتوفى فى مطلع القرن السادس عشر . الدوميلى : (العلم عند العرب ص ٥٣٣) .
(٢) الدوميلى : العلم عند العرب ، ص ٥٣٣ .
(٣) أنور عبد العليم : ابن ماجد الملاح ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ ص ١٥٠ .
(٤) الدوميلى : المصدر السابق ص ٥٣٣ .

Barthlmo Diaz فى سنة ١٤٨٧ م من أن يدور حول رأس الرجاء الصالح الذى أطلق عليه اسم Cabtormentoso (أى رأس الزوابع) بسبب العواصف الشديدة التى صادفها حوله ، ولاحظ دياز أن ساحل أفريقيا ينحرف فى اتجاه الشمال فعاد أدراجه إلى لشبونه . وبعد عشر سنوات من ذلك التاريخ بدأ فاسكودى جاما Vasco De Gama رحلته قاصدا الهند ، وسلك السبيل الذى سلكه دياز ولكنه واصل رحلته مع الساحل الشرقى للقارة حتى بلغ مالينوى فى مملكة كامبيا (كينيا الحالية) ، وفيها علم من الملاحين العرب أن الهند تبعد بنحو ٦٠٠ فرسخ وهناك استطاع أن يستعين بأحد الملاحين العرب الخبير بالمحيط والملاحة فيه وهو « شهاب الدين أحمد بن ماجد » *« الذى تولى إرشاد دى جاما فى مياه المحيط الهندى حتى وصل إلى ساحل الهند فى ١٤ مايو ١٤٩٨م بعد ٢٢ يوما من مغادرة مالينِدى دون مشقة أو عناء »*[١] .

وقد دهش الملاح البرتغالى غاية الدهشة من سعة معلومات مرشده فى رصد النجوم ، وكان البرتغاليون حتى ذلك العهد يعتمدون على الشمس وحدها فى معرفة خطوط العرض مما كان يجعل ملاحتهم بالليل فى عرض المحيط محفوفة بالأخطار[٢] . وذلك على عكس ما حققه المسلمون فى مجال الأرصاد واستخدام الأجهزة ، فقد اطلع ابنُ ماجد الملاَّحَ البرتغالى على « أسطرلاب عربى من المعدن ـ وعلى آلات مربعة وأخرى مثلثة من الخشب كان يأخذ بها أرصاده وعلى خارطات ملاحية عربية ممتازة موضح عليها خطوط الطول والعرض »[٣] .

أما معلم البحر الثانى ، فهو « سليمان بن أحمد المهرى المحمدى » ، وهو من قبيلة مهرة فى جنوبى جزيرة العرب ، وعاش فى الثلث الأول من القرن السادس عشر ، ومن أشهر كتبه :

(1) ferran (G) : Pilot Arab de Gama Au XV siecle , 1922
Ananl de geog . Tom 31 P.P. 289- 307 .

(نقلا عن كتاب أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية : ص ٣١٩) ، ويلاحظ أن معظم الروايات التى تتناول هذا الجانب تغفل تماما هذه الحقيقة الدامغة ، وتجعل من فاسكودى جاما صاحب الفضل الوحيد فى هذا المضمار .

(٢) المصدر السابق : نفس الموضع .

(٣) أنور عبد العليم : ابن ماجد الملاح ، ص ٤٦ وما بعدها .

كتاب « العمدة المهرية فى ضبط العلوم البحرية » ، الذى ألفه سنة ١٥١١م [١].

وفى هذا الكتاب « فصول عن علم الفلك البحرى والطرق البحرية . فى بحر العرب ، ومياه شرقى أفريقيا وسواحل خليج بنغال والملاتو ، والهند الصينية ، والطرق خلال كثير من جزر المحيط الهندى ، والرياح الموسمية فى المحيط الهندى »[٢].

وله كتاب آخر هو « كتاب المنهاج الفاخر فى علم البحر الزاخر »[٣] وقد ألفه بعد هذا التاريخ .

وقد اعتمد الرحالة الأوربيون فيما بعد ـ إلى حد كبير على هذه المصادر الإسلامية فى ارتياد ما كان مجهولا لديهم من أرجاء الأرض .

وفى ذلك يقول بوركهارت « إن الأوربيين ، كان عليهم أن يتطلعوا إلى إنجازات المسلمين في ميدان الجغرافياالملاحية ، ليتحقق لهم ما كانوا يجهلونه عن الملاحة فى المحيط الهندى ، فمعلومات المسلمين عن هذا المحيط هى الأساس الذى قام عليه تجوالهم فيه »[٤] .

وعلى ذلك فقد كان ملاحو المسلمين بحق أدلاء ومرشدين لرجال البحر الأوربيين فى القرنين الرابع عشر والخامس عشر .

---

(١) الدوميلى : المصدر السابق ص ٥٣٣ .
(٢) نفيس أحمد : المصدر السابق ص ١٣٧ .
(٣) الدوميلى : المصدر السابق ص ٥٣٣ .
(4) Burczhardt ; (J) : The Ciuilization of Renaissance (London 1945) P. 171.

الباب الثالث

تقويم عام للمنهج الرياضى وفائدته للعلم التجريبى

الفصل الأول : انتقال الطريقة العلمية عند المسلمين إلى علماء النهضة الأوربية الحديثة

الفصل الثانى : نقد موقف علماء المناهج الغربيين من المنهج الرياضى حتى نهاية القرن التاسع عشر :

١ـ فرنسيس بيكون

٢ـ جون ستيورات مل

تقويم عام للمنهج الرياضى وفائدته للعلم التجريبى

تمهيد :

انتهينا فى فصول البحث السابقة إلى أن علماء المسلمين استوعبوا الطريقة العلمية بشكل متكامل .

فقد وضعوا أسس المنهج الاستقرائى ، وعولوا على التجربة فى كل أعمالهم العلمية ، وأنزلوا الفرض العلمى منزلته الصحيحة ، واتخذوا من المنهج الرياضى الاستنباطى ، ومن فروع العلم الرياضى المختلفة وسيلة للتحقق من صدق الفروض والتعبير عن نتائج التجربة بصورة كمية دقيقة ساعدت على ارتقاء نظريات العلم وتطورها تطورا كبيرا .

وقد أشرنا إلى أن هذه الطريقة التى انتهجها المسلمون إبان عصر نهضتهم هى طريقة (منهج العلم المعاصر) ، الذى يعرف الآن باسم المنهج الفرضى الاستنباطى Hypothetico - deductive method ، والأمر على هذا النحو جلى وواضح ، فمنهج التجربة والاستقراء الكيفى لا ينهض بمفرده ، ومنهج الاستنباط القائم على التجريد واستخدام اللغة الرياضية لا ينهض أيضا بمفرده .

ويبقى بذلك أن نقرر أن المنهج المعاصر هو وشيجة مشتركة بين كلا المنهجين وهذا ما عبر عنه الإسلاميون فى بحوثهم المختلفة .

ويلخص الأستاذ قدرى طوقان هذه الفكرة مؤكدا على أهمية المنهج الرياضى فى البحث التجريبى بقوله « إن المدنية فى أساسها وجوهرها ترتكز على العلوم الرياضية ... ذلك لأنه كلما اقترب أى فرع من فروع المعرفة من الأرقام زاد دقة فى التعبير .. فالعلماء لم يستفيدوا من بحوث الضوء ومن انكسار النور إلا بعد أن أفرغوا قوانين الانكسار فى قالب رياضى ، وبذلك استطاعوا أن يستعينوا بالمعادلات ... والأمر كذلك فى علمى الفلك والفيزياء ، فقد وصلا إلى درجة كبيرة من الدقة والكمال وما ذلك إلا بفضل

الأرقام والمعادلات »[1] .

فالتعبير الرياضى إذن عن خواص الأشياء يعد أصدق تعبير ممكن ، مثال ذلك « إذا عرضنا عددا كافيا من عينات من الرصاص للحرارة ، ووجدنا فى كل حاله أن الانصهار يبدأ عندما يصل الترمومتر إلى ٣٢٨° ، فإننا نستنتج من ذلك أن نقطة انصهار الرصاص هى ٣٢٨° ، ومن هذا نقتنع أنه مهما أخذنا عينات أخرى من الرصاص واختبرناها تحت نفس الظـروف فإن النتائج لا تتغير »[2] .

« فالتكميم الرياضى إذن هو سبيل ضبط الظاهرة والسيطرة عليها بغية الوصول إلى القانون العلمى الدقيق »[3] .

وعلى أية حال ، فإن الرياضيات قد مدت الإنسان بالأدوات التى مكنته من السيطرة على الطبيعة وفهم ظواهرها فى لغة دقيقة منضبطة « ، فنظرة واحدة للصورة البيانية(الرسم التحليلى) للقانون الذى يحكم ظاهرة ما ، أو الارتباط بين متغيرين يتأثر كل منهما بالآخـر ، يساعد على الفهم الدقيق لطبيعة الظاهرة والتنبؤ بسلوكها فى المستقبل » [4] .

وبذلك يجئ اقتران كلا المنهجين معبرا عن روح العلم التطبيقى ومنهجه فى العصر الحديث[5] ، ومحدداً لأهم ملامحه حيث تعتبر « اللغة الرياضية هى أفضل لغة للمنهج العلمى ، لأنها توفر لنتائجه الاتساق والاختزال ، كما تزود قدرته على التعميم ، وهى بذلك تحقق خاصية البساطة المنشودة فى العلم ، وتهب فروضه الخصوبة والقدوررة على توليد النتائج »[6] .

وقد أدرك الإسلاميون كل هذه الأمور المنهجية . فالموقف السابق توضيحه من الملاحظة والتجربة والاستنباط ليس جديدا فى القرن الماضى والقـرن

---

(١) قدرى طوقان : بين العلم والأدب ، طبع القدس سنة ١٩٤٦ ص ١٦/١٥.

(٢) توبياز دانزج : العدد لغة العلم ، ص ٦٩.

(٣) راجع الباب الأول من البحث .

(٤) توبياز دانزج : المصدر السابق ص ١٨٣ .

(٥) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ، ص ٩٨ .

(٦) د . أحمد فؤاد باشا : فلسفة العلوم بنظرة إسلامية ، طبع دار المعارف سنة ١٩٨٤ م ص ١٢٧ .

الحاضر ، وإنما تمتد جذوره إلى عصر الحضارة الإسلامية على يد الخوارزمى ، وابن الهيثم والخازن والبيرونى وغيرهم ـ كما أوضحنا ـ فى أقسام البحث السابقة .

لذلك سوف نعرض فيما يلى ـ لانتقال طريقة المسلمين فى البحث العلمى إلى أوربا ، ومدى تأثيرها فى تطور نظريات العلم إبان العصر الحديث .

كما سوف نعرض لموقف علماء المناهج الأوربيين من المنهج الرياضى حتى منتصف القرن التاسع عشر الميلادى ، وخاصة عند فرنسيس بيكون ، وجون سيتوارت مل ، باعتبارهما من أكبر فلاسفة المناهج إبان عصر النهضة العلمية فى أوربا .

ومن خلال نقد موقفهم سوف يتضح لنا مدى خلو مناهجهم من الإشارة إلى دور الرياضيات فى البحث العلمى ، وهو الموقف الذى يدل على قصورهم فى فهم متطلبات البحث العلمى بمعناه المعاصر ، وهو الأمر الذى تنبه له المسلمون منذ البداية ، وعولوا عليه فى بحوثهم التجريبية .

الفصل الأول

انتقال الطريقة العلمية عند المسلمين إلى علماء عصر النهضة الأوربية

انتقال الطريقة العلمية عند المسلمين
إلى علماء عصر النهضة الأوربية

يقول الدوميبلى « إن أهمية العلم العربى الإسلامى تكمن فى أنه نجح فى تحقيق النهضة الأولى عند شعوب الحضارة الأوربية الحديثة ، فكانت هذه النهضة سببا فى تفتح أكمام العلم الحديث منذ القرن الثالث عشر الميلادى »[1] .

فقد رفعت الأمة العربية الإسلامية لواء العلم طوال القرون المظلمة والعصور الوسطى ، وكانت مركزا قياديا ، فنهلت من علوم الإغريق والهند ، وأضافت إليها . « ومن العبث أن نتصور أمة تنقل علوم الأمم الأخرى إلا أن تكون قد بلغت من التقدم الحضارى والعلمى ما يؤهلها لهضم العلوم التى تنقلها ، وعندما نقل العرب علوم من سبقهم لم يكونوا قنطرة عبرت عليها الحضارات القديمة لتصل إلى عصر النهضة العلمية فى أوربا ، وإنما أضافوا إليها الشئ الكثير »[2] .

كما نقلوا هذا التراث إلى اللغة العربية ، التى كانت لغة العلم فى هذا العصر .. فعلى امتداد الإمبراطورية العربية الإسلامية من مشارف الصين شرقا إلى حدود فرنسا وجنوبى إيطاليا غربا ، كان كل من أراد أن يكتب علما تقرأه الناس لجأ إلى اللغة العربية ، فكتب وألف بها ، وظلت كتبهم فى العلوم الطبيعية المراجع المعتمدة فى جامعات أوربا حتى أواخر القرن السابع عشر ، حيث ترجمت إلى اللغات اللاتينية [3] ، وأصبحت الأساس الجوهرى للتعليم والتقدم ، والمنهل الذى نهل منه جميع كتاب أوربا فى ذلك العصر .

وقد انتقل هذا الدور الحضارى الجديد إلى أوربا الغربية ، عبر غربى

---

(۱) الدوميبلى : العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ص ۱۱.

(۲) د . محمد جمال الدين الفندى : مقدمة تاريخ العلوم وخاصة عند العرب ، ص ۱۰ .

(۳) أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوربية ، الفصل الثالث فى العلوم الطبيعية د . عبد الحليم منتصر ، ص ٢٥٤ .

أوربــا ، فأسبانيا ، وجنوبى فرنسا ، وصقلية ، وبعض أنحاء إيطاليا .

حركة النقل والترجمة :

بدأ عصر ترجمة العلوم من العربية إلى اللاتينية ، وتكامل بصورة جدية فى القرن الثالث عشر ، ونشأت فى القرن نفسه جامعات فى أوربا ، ألهبت حماس الشباب إلى الاغتراف من بحر المعرفة الذى لا ساحل له ، ولفتت الأنظار إلى المؤلفات العربية من علمية وفلسفية ، ودعت إلى ترجمتها ودراستها(١) .

ويمكن أن نحدد طرق اتصال الأوربيين بالعلم الإسلامى فى طريقين أساسيين : أحدهما طريق الأندلس ، والآخر طريق صقلية ومملكة نابولى حيث أخذوا ينقلون كتب الفلسفة والطب وعلوم الرياضة والفلك وغيرها من العربية ، وبلغت حركة النقل أشدها فى مدينة « طليطلة من أعمال إسبانيا حوالى القرن الثانى عشر(٢)» .

ولقد كان للتسامح العظيم الذى تحلى به الخلفاء الأمويون فى الأندلس أثره فى إقبال العلماء النصارى من أبعد الأقطار على تلقى العلوم من المدن الإسلامية المزدهرة التى لا تحصى .

ومن أوائل الشخصيات الشهيرة التى قامت برحلة إلى الأندلس (جربرت Gerbert) المولود فى أوڤرنى Auvergne حوالى ٩٣٠ م ، والذى تقلد البابوية باسم سيلفستر الثانى ، وتوفى سنة ١٠٠٣م(٣) .

وقد كان التأثير الذى تلقاه جربرت من العلم الإسلامى عميقا على الأخص فيمـا يتعلق بالرياضيات والمرجح أنه أول عالم مسيحى عرف أوربا بالأرقام العربية ـ الإسبانية(٤) .

ويعتبر جيرارد الكريمونى (١١١٤ ـ ١١٧٨م) أعظم المترجمين من

---

(١) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه ، ص ٢٣٦ .
(٢) مصطفى نظيف : علم الطبيعة : نشوءه ورقيه ، وتقدمه الحديث ص ٤٤/٤٥ .
(٣) الدوميلى : العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ، ص ٤٥٤.
(٤) الدوميلى : المصدر السابق ، ص ٤٥٥.

العربية فى هذا العصر على الإطلاق ، ولد بكريمونا بإيطاليا ، غير أنه استقر فى طليطلة ، وقضى معظم سنوات عمره بها[١] . ومن بين المؤلفات التى ترجمها من العربية ، مؤلفات أبقراط وجالينوس وجميع المؤلفات التى ترجمها قبله إلى العربية حنين بن إسحاق فى بغداد ، كما ترجم مؤلفات الكندى وابن سينا والفارابى وثابت بن قرة .

وينبغى أن نذكر أيضا من قدامى المترجمين الأوربيين يوهانس هسبالنس Johannes Hisplensis ، ودمنيكوس جنديزالفوس Dominicus Gundisalires فالأول ويدعى يوحنا الأشبيلى يهوديا اعتنق النصرانية ، ويبدو أنه كان يترجم من العربية إلى القشتالية ، على حيث أن شريكه دميتكوس جنديزالفوس كان يترجم من القشتالية إلى اللاتينية[٢] .

أما أدرلاد أوف باث Adlard of Bath وهو إنجليزى زار فرنسا وقضى بعض الوقت فى صقلية ، وربما درس أيضا فى الأندلس ، والمرجح أنه كان ملما بالتطورات الحديثة فى البحوث العلمية العربية الإسلامية ، ومن بين ما ترجمه الجداول الفلكية التى وضعها الخوارزمى وكتاب الأصول لإقليدس[٣].

أما العصر الصقلى فى الترجمة والتأثر بعلوم المسلمين ، فقد امتد تقريبا من منتصف القرن الحادى عشر إلى آخر القرن الثالث عشر ، وهو بداية التأثير العميق للثقافة العربية الإسلامية ونشوء حركة الترجمة الفعالة فى أوربا .

ويمثل هذا العصر خير تمثيل قسطنطين الأفريقى (١٠٢٠ - ١٠٨٧م) ، ولد فى قرطاجة بشمال أفريقيا ، ورحل إلى صقلية واستمر بها ليترجم المؤلفات العلمية اليونانية والعربية إلى اللاتينية[٤] .

ظهر فى هذا العصر أيضا ملوك شغفوا بالأدب والعلم ، منهم روجار الثانى ملك صقلية (١٠٩٦ - ١١٥٤م) ، الذى اهتم بالثقافة العربية

---

(١) جلال مظهر : حضارة الغرب ، ص ٥٢٣ : وأيضا الدوميلى : المصدر السابق ص ١٤٩ .

(٢) الدوميلى : المصدر السابق ص ٤٥٧.

(٣) مونتجو مرى وات : فضل الإسلام على الحضارة الغربية ترجمة حسين أحمد أمين طبع دار الشروق سنة ١٩٨٣ ، ص ٨٥ .

(٤) جلال مظهر : حضارة العرب ، ص ٥١٧.

الإسلامية ، وعاش فى كنفه أكبر علماء الجغرافيا المسلمين فى القرون الوسطى (الشريف الإدريسى) مؤلف كتاب (نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق) ، وهو عمدة الكتب الجغرافية فى تلك الفترة ، والذى اعتمد عليه جغرافيو وملاحو أوربا زمنا طويلا ـ كما سبق أن أوضحنا .

وبذلك قامت حضارة ممتازة فى صقلية فى العام الثالث عشر الميلادى لعدة قرون متصلة ، تعتمد فى وقت واحد على اللغة اللاتينية (التى نشأت عنها الإيطالية الحديثة) واللغة الإغريقية القديمة ، واللغة العربية ، التى جاءت مع الفتح الإسلامى [1] .

قامت تلك الحضارة الممتازة على أساس هذه اللغات الثلاث العالمية والعلمية فى ذلك العصر . وتفتح حينذاك ازدهار للعلوم المأخوذة عن الحضارة العربية الإسلامية جدير بالإجلال والإكبار .

مما سبق نخلص إلى أن حركة الترجمة فى بداية عصر النهضة الأوربية ساعدت على انتقال علوم الأوئل التى تناولها المسلمون بالدراسة والتمحيص ، وإضافة الجديد والمبتكر إليها ، كما ساعدت على انتقال إنجازات المسلمين العلمية فى مجالات العلوم الطبيعية والكيماوية والفلكية والطبية ، ومن ثم فتح المجال أمام إنشاء الجامعات الأوربية التى قامت بتدريس العلوم الإسلامية على أوسع نطاق .

ومن هذه الجامعات [2] : « بادوا » وجامعة « بولونيا » فى أخريات القرن الثانى عشر .

أما جامعة باريس فقد أنشأت فيما بين سنة ١١٥٠ وسنة ١١٧٠م .

وعاصر ذلك إنشاء جامعة أكسفورد فى عام ١٢٧٥م ، أما جامعة كمبردج فقد أنشأت متأخرة قليلا عن جامعة أكسفورد ، إلا أنه يمكن أن يقال : إنها بدأت فى نفس القرن . تبع ذلك إنشاء جامعات إسبانية فى عام ١٣٤٦م ، ثم جامعة لشبونة بالبرتغال وجامعة براج وفينا وكلونيا وغيرها . ولسنا هنا بصدد استقصاء تاريخ إنشاء هذه الجامعات ، وإنما مايعنينا هو أن هذه الجامعات

(١) الدوميبلى : المصدر السابق ص ٤٤٢/٤٤٣ .
(٢) د . عبد الحليم منتصر : تاريخ العلم .. ص ٢٥٠ وما بعدها .

اعتمدت فى نشأتها على تدريس مؤلفات علماء المسلمين التى ظلت المراجع المعتمدة لديها حتى القرن السابع عشر .

ثم بزغ عصر النهضة الأوربية وسطع فى سمائها أعلام قادوا الحركة العلمية ، من أمثال جاليليو ودافنشى وكوبرنيك ونيوتن ، وبيكون وغيرهم .... معأثرين بما أنجزه علماء المسلمين ، من أمثال ابن الهيثم ، وابن سينا والرازى والخوارزمى والبتانى ، وابن يونس والبيرونى وغيرهم .

وفى ذلك يعترف كاجورى « بأن كثيرا من الآراء العلمية التى توصل إليها علماء عصر النهضة سبق إليها علماء العرب ، والواقع أن وجود ابن الهيثم والخازن والبيرونى وجابر وغيرهم ، كان ضروريا لظهور جاليليو وكوبرنيك ونيوتن من علماء النهضة الأوربية »[١].

ويؤكد سيديو على نفس المعنى بقوله « إننا لو رغبنا أن ننظر إلى التقدم الذى أحرزه علماء العرب فى العلوم الرياضية والطبيعية والفلكية ، فإننا نجد أن العرب سبقوا الأوربيين إلى أكثر الاكتشافات التى نسب الأوربيون اكتشافها إلى علمائهم »[٢] ، دون الإشارة إلى فضل رواد علماء المسلمين وسبقهم إلى الحديث عن الجاذبية مثلا قبل نيوتن ، وفى انكسار الضوء قبل نيتلو وغيرها من الإنجازات العلمية الباهرة فى حقول الضوء والميكانيكا والكيمياء والفلك والتى توفرنا على دراستها بالتفصيل فى فصول البحث السابقة .

انتقال الطريقة العلمية إلى أهل أوربا :

يقول الدومييلى « إن أعمال الترجمة والنقل للعلم العربى الإسلامى ، ذلك العمل الذى يعد بحق نتاجا عظيما بالغ الأهمية من قبل المترجمين ، جعل أصول العلم العربى تنفذ إلى أوساط العالم المسيحى فى الغرب ، كما لقح العلم الحديث الذى أخذ فى التولد والنشوء »[٣] ، نتيجة لهذه الحركة الناهضة .

ويقول سيديو : « لقد عبر التأثير الذى بثه العرب فى أوربا عن نفسه ، وبدت مظاهره فى جميع فروع الحضارة الحديثة . ولقد تكونت فى الفترة من

---

(١) د . عبد الحليم منتصر : أثر العرب والإسلام فى الحضارة الأوربية ص ٢١٥.

(٢) سيديو(ل.أ) : تاريخ العرب العام ص٢٦٢ .

(٣) الدومييلى : العلم عند العرب ، ص ٤٧٩.

القرن التاسع إلى القرن الخامس عشر ، مجموعة من أكبر المعارف الثقافية فى التاريخ وظهرت مصنوعات ومنتوجات متنوعة واختراعات ثمينة ، تشهد كلها بالنشاط الذهنى المدهش فى هذا العصر . وجميع ذلك تأثرت به أوربا بحيث يؤكد القول بأن العرب كانوا أساتذتها فى جميع فروع المعرفة »[١] .

لذلك فقد ظهر فى أوربا عقب اطلاع أهلها ونقلهم علوم العرب والمسلمين من اشتغل بمثلها ، ولاسيما فى مجالات علوم البصريات والميكانيكا والكيمياء والفلك ، الذين تتردد أسماؤهم مقترنة بالمنهج العلمى التجريبى ، ويظن القارئ أنهم أصلا فى بحوثهم بينما الحقيقة أنهم نقلوا عن علماء المسلمين وأفادوا أيما إفادة من منجزات النهضة العلمية الباهرة للحضارة الإسلامية ، ومن أشهر هؤلاء :

(أ) روجر بيكون Roger Bacon (١٢١٤ ـ ١٢٩٤ م) :

وكان راهبا إنجليزيا عالما باللغات اللاتينية واليونانية والعربية والعبرية ، بدأ دراسته بجامعة أكسفورد ، وشغف بالعلوم الرياضية وعلم البصريات ، والكيمياء فاشتغل بها . غير أن اشتغاله بالأخيرة عرضه للاضطهاد ورمى بالسحر وزج به فى السجن حيث لبث بضع سنين[٢] .

وقد تعرف « روجر بيكون » على علوم الحضارة الإسلامية وأعجب بها كثيرا ، مما جعله يكرس حياته للدعوة إلى المنهج التجريبى ، بعد أن وجده سمة العلوم الطبيعية فى الحضارة الإسلامية [٣].

وتكمن أهمية بيكون « فى استقلال نظرته إلى الأشياء ، وإدراكه لعدم جدوى طرق (العلماء المدرسين) التى سيطر عليها المنطق الإسطى »[٤]. وكان يردد قوله « لو تركت لى الحرية لأحرقت كتب أرسطو كافة ؛ لأن دراستها لا تؤدى إلا إلى الضياع والخطأ وازدياد الجهد »[٥] . ولا عجب فى ذلك فروجر بيكون تلقى تعليمه فى جامعات إسبانيا الإسلامية ، وتأثر بكتابات الحسن بن

(١) سيديو ل أ : تاريخ العرب العام ، ص ٤٦٣.
(٢) مصطفى نظيف : علم الطبيعة نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث ، ص ٤٤.
(٣) د.أحمد فؤاد باشا : فلسفة العلوم بنظرة إسلامية ، ص ١٠٤.
(٤) د . م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ١٥.
(٥) د . أحمد فؤاد باشا : المصدر السابق نفس الصفحة .

الهيثم فى البصريات ونقلها إلى اللاتينية[1] ، وعلى ذلك فإن تأثر بيكون بالمنهج الإسلامى يبدو واضحا فى رفضه للمنطق الأرسطى ، وفى تعويله على التجربة ، فقد كان يدعو دائما إلى نبذ الاعتقادات التحكمية ، والنظر إلى العالم بما فيه من متغيرات تدرك بالحس والأختبار .

وكان يؤكد على أنه « باتباع المنهج التجريبى الذى كان له الفضل فى تقدم العرب ، فإنه يصبح فى الإمكان اختراع آلات جديدة لخدمة البشرية »[2] .

(٣) ليوناردو دافنشى (١٤٥٢ _ ١٥١٩م) :

استخلص من أبحاثه أصول المنهج العلمى ، وقام بتجارب خاصة عديدة . وقد دفعه اتجاهه العلمى إلى الاعتماد على الملاحظة ، وعلى إدراكه أن المعرفة إنما تمتد فحسب إلى الآماد التى تؤدى بنا إليها الملاحظة[3] .

تناول علم الميكانيكا بالبحث والدراسة ، وكان مقتنعا بأن العلم ابن التجربة ، وأن النظريات التى لا تلقى تأييدا من التجربة نظريات باطلة . وليست التجربة عنده مجرد الإدراك الحسى ، بل البحث عن العلاقات الضرورية بين الأشياء ووضع هذه العلاقات فى صيغ رياضية تخلع على نتائج التجربة يقينا كاملا ، وتسمح باستنتاج الظواهر المستقبلة من الظواهر الراهنة[4] .

وهو فى كل ذلك متأثر بما ذهب إليه رواد المنهج التجريبى من علماء المسلمين من الاعتماد على التجربة ، وصياغة نتائجها بصورة رياضية دقيقة ، وذلك باعتراف « رسل » الذى يؤكد على « أن العرب حملوا تقاليد المدنية طوال عصور الظلام وإليهم يرجع كثير من الفضل فى أن بعض المسيحيين من أمثال روجر بيكون وليوناردو دافنشى وغيرهم قد حصلوا كل المعارف العلمية التى تهيأت للشطر الأخير من القرون الوسطى »[5] ، وساعدتهم على تطور

---

(١) روجيه جارودى : الإسلام دين المستقبل ، ترجمة عبد المجيد بارودى. طبع بيروت (بدون تاريخ) ص١٠٣.

(٢) نفس المصدر : ص ١٠٤.

(٣) د.م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٢٢.

(٤) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، طبع دار المعارف سنة ١٩٤٩ ص ١٧ .

(٥) برتراندرسل : النظرة العلمية ، ص ٩ ويؤكد روجيه جارودى على أن تصورات ليوناردو دافنشى الميكانيكية مستمدة من كتاب (الجزارى) « بحث فى الآلات » الذى وضع فى القرن الثالث عشر ، ولا بد أنه قرأه (الإسلام دين المستقبل) ترجمة عبد المجيد بارودى طبع بيروت (بدون تاريخ) ص ٩٩.

العلم القائم على الملاحظة والتجربة ، والتخلص من قيود المنطق الأرسطى التى عاقت تقدم العلم وسيطرت على العقول ردحا طويلا من الزمن ـ كما باتت « عقبت كؤودا فى سبيل التقدم ، فمنذ بداية القرن السابع عشر ، ترى كل خطوة من خطوات التقدم العقلى مضطرة أن تبدأ بالهجوم على رأى من الآراء الأرسطية ، ولا يزال هذا يصدق على المنطق الأرسطى حتى يومنا هذا »[1] .

(٣) نقولا كوبرنيكس Copernicus (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣ م) :

ولد بمدينة ثورن Thorn من أعمال بروسيا ، تعلم الطب واللاهوت وعلم الرياضة والفلك فى روما ، التى تمثل مركز الإشعاع الفكرى للعلم العربى الإسلامى فى ذلك الوقت . « وتشبع بشئ من جو عصر النهضة »[2] .

وصل إلى الاعتقاد فى أن الشمس فى مركز العالم ، وأن للأرض حركة مزدوجة : دورة يومية حول نفسها ، ودورة سنوية حول الشمس « وقد أفضى به الخوف من الرقابة الكنسية إلى أن يرجئ نشر آرائه »[3] .

ومؤلفه الرئيسى « فى الحركات السماوية » لم ينشر إلا فى آخر حياته ، فجاءته نسخة مطبوعة منه وهو على فراش الموت فاقد الوعى[4] .

وظلت نظرياته التى كانت « تعتبر منافية للعقل فى القرون الوسطى موضع تجاهل فى أول الأمر ، ولم تذع بين الطبقات المتعلمة فى العالم إلا بعد مضى سنين »[5] .

وأساس نظرية كوبرنيكس تقوم على تصور السماء على نحو أبسط من تصور أرسطو وبطليموس[6] ، فرأى أن بقاء أكبر الأجرام ثابتا على حين تتحرك من حوله الأجرام الصغرى ، أكثر تحقيقا لهذا المبدأ من دوران الأجرام جميعا حول الأرض . وهذا الرأى سبق إليه علماء الفلك المسلمين وعلى رأسهم

---

(١) برتراندرسل : تاريخ الفلسفة الغربية ، ص ٣ .
(٢) المصدر السابق : ص ٥٨.
(٣) المصدر السابق : نفس الصفحة .
(٤) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ص ١٧.
(٥) د.م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٢٩ .
(٦) يوسف كرم : المصدر السابق ص ١٧ .

البيروني[1] ، الذى أكد على أن « الأرض متحركة حركة الرحى على محورها »[2] . على عكس ما ذهب إليه بطليموس .

(٤) جوهانزكبلر Kepler (١٥٧١ ـ ١٦٣٠ م) :

ولد فى إحدى مدن ورتمبرج . درس الآداب والفلسفة واللاهوت والرياضيات والفلك . ثم انصرف عن اللاهوت إلى تدريس الرياضيات ». وكان يرى فيها أكمل العلوم ، ويرى وجوب اتباع منهجها فى كل علم »[3].

لذلك قام بتفسير أرصاد تيخويرا هى (١٥٤٦ ـ ١٦٠١م) عالم الأرصاد الدانمركى ، الذى اهتم فقط بتسجيل أرصاده ومشاهداته فى المرصد الذى بناه على أحد الجزر التى تبعد عن ساحل الدانمرك .

فكأن كلا منهما يكمل الآخر على حد تعبير ـ تيرنر [4] ـ فالأول عالم أرصاد مدقق ، والآخر عالم رياضيات واسع الخيال . وبذلك أدرك علماء عصر النهضة الأوربية أن منهج البحث فى المسائل الكونية والفلكية لابد وأن يعتمد على جانب الرصد والمشاهدة من ناحية ، وعلى جانب الاستنباط والتدقيق الرياضى لاستخراج النتائج من ناحية أخرى ، وهذا ما توفر لعلماء المسلمين من أمثال البتاني واليوزجاني والبيروني . فقد عولوا على المشاهدة والرصد واستخدام القياس الرياضى لتحقيق أدق الناتج ـ كما سبق أن أوضحنا ، واخترعوا الآلات ووضعوا الأزياج للتثبت من صحة الفروض العلمية فى مجال علم الفلك .

ولقد كان إنجاز كبلر العظيم هو اكتشاف قوانينه الثلاثة من حركة الأجرام السماوية ، وقد نشر اثنين من هذه القوانين سنة ١٦٠٩م ، ونشر الثالث سنة ١٦١٩م [5].

ينص القانون الأول : على أن الكواكب ترسم فى دورانها جميعا حول الشمس أفلاكا بيضاوية تقع الشمس فى بؤرتها .

القانون الثانى : الخط الذى يربط الكواكب بالشمس يمر فوق مساحات

(١) راجع الفصل الخاص ببحوث الفلك عند المسلمين (خاصة عند البيرونى) من البحث .
(٢) البيرونى : تحقيق ما للهند من مقولة ، ص ٢٢١.
(٣) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ١٩ .
(٤) د. م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٣٣.
(٥) برتراندرسل : تاريخ الفلسفة الغربية ، ص ٦٤.

متساوية فى الأوقات المتساوية .

أما القانون الثالث : فينص على أن مربع فترة دوران كوكب يتناسب مع مكعب متوسط المسافة بينه وبين الشمس [١] .

(٥) جاليليو *Galilio* (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢م) :

ولد بمدينة بيزا من اعمال إيطاليا ، أعلن منذ بداية حياته العلمية انحيازه لنظرية كوبرنيكس ، التى جرت عليه ويلات محاكم التفتيش ، وعرضته للمحاكمة والسجن الأمر الذى دفعه « إلى إنكار هذا المذهب وهو راكع ، ثم وقع بإمضائه على صيغة الإنكار والقسم »[٢] .

وهذا الأمر وإن كان يدل على شئ ، فإنما يدل على سطوة محاكم التفتيش التابعة للكنيسة البابوية ، ومدى رفضها لمنجزات العلم تحت دعوى تعارضها مع الكتاب المقدس . وقد تعرض العديد من علماء عصر النهضة للسجن والتعذيب بسبب موقف الكنيسة المعادى للعلم .

اكتشف « جاليليو » أهمية التسارع فى الديناميات . و « التسارع » يعنى : التغير فى السرعة سواء فى المقدار أم الاتجاه .

وقد تناول الحركة المنتظمة فى خط مستقيم باعتبارها وحدة « طبيعية » سواء على الأرض أم فى السماء . وافترض أن الأجسام السماوية تتحرك فى دوائر والأجسام الأرضية تتحرك فى خطوط مستقيمة .

ثم تناول جاليليو حركة الأجسام فى خط مستقيم بسرعة منتظمة ، وأى تغير سواء فى السرعة أو فى اتجاه الحركة ، يقتضى أن يفسر بأن ذلك راجع إلى فعل قوة ما[٣] .

وكل هذه المعانى التى ذكرها « جاليليو » من تحليل الحركة إلى مركبات والقول بالقوة والممانعة فى الأجسام ، سبقه إليها الحسن بن الهيثم فى بحوثه الميكانيكية ـ كما أسلفنا ـ ولم يخرج ما جاء به جاليليو عما أرساه ابن الهيثم قديما .

---

(١) د. م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٣٧ .
(٢) يوسف كرم : المصدر السابق ص ٢١ .
(٣) برتراند رسل : المصدر السابق ، ص ٦٧.

ويقول د.م تيرنر : إن ما يحمد لجاليليو ، ويعتبر من أعظم إنجازاته التى أسداها للعلم ، « هو تمييزه الواضح بين ما يمكن أن يقاس وما لا يمكن أن يقاس ومن الأمثلة التى ضربها (قانون الأجسام الساقطة) إذ إنه من الممكن أن تقيس حجم الشئ وتقدر وزنه والسرعة التى يسقط بها ، ونعبر عن ذلك بالأعداد »[1] .

ومنذ عصر جاليليو اهتم رجال العلم بالوزن والقياس ، والتعبير عن النتائج بالأرقام معبرين بذلك عن أساليب المنهج العلمى عند المسلمين ، والذى انتقل إليهم إبان عصر النهضة العلمية .

كتب « جاليليو » أيضا مجموعة رسائل تشرح « القوى الميكانيكية » أو ما نسميها الآن بالآلات ، مثل الميزان والبكرة ، والتى تستعمل فى رفع الأثقال والمياه من الآبار ، وقد سبقه الخازن إلى تلك الأبحاث أيضا .

أما عن تجارب التلسكوب ، فليس لجاليليو فضل اكتشافه كما نظن ، فقد سبقته دراسة ابن الهيثم عن الانكسار وصنع العدسات التى مهدت لاختراع التلسكوب .

وبالنسبة لاختراع البندول فإن فضل اختراعه يرجع إلى ابن يونس ، الذى اكتشف حركة البندول الخاص (بالساعة الدقاقة) . وإلى جاليليو ينسب أمر صياغة حركته فى قوانين رياضية عددية .

(٦) إسحق نيوتن Newton (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧ م) :

يشار عادة إلى عصر نيوتن بأنه عصر الانتصار النهائى والكامل للعلم ، الذى شق له الطريق « كوبرنيكس » ، « كبلر » و « جاليليو » ولا يقف هذا الانتصار عند حد تطوير علوم الفلك والميكانيكا ، وإنما يمتد إلى مجالات عديدة مهدت لما حققه نيوتن فى مجالات اكتشاف قوانين الحركة والجاذبية ، والتى دونها فى كتابه المشهور « المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية » الذى نشره فى عام ١٦٨٧م ، « حيث تمكن نيوتن فى نظريته أن يستنبط قوانين كبلر ، وأن يصف مدارات الأرض والكواكب حول الشمس ، وأن يفسر ظواهر المد والجزر وعددا هائلا من الظواهر الطبيعية »[2] .

---

(١) د. م تيرنر : المصدر السابق ، ص ٤٨.

(٢) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ١٦٦ .

ولسنا هنا بصدد عرض إنجازات نيوتن فى مجال العلم . بل إن ما يعنينا هو بيان المناهج والطرق الرياضية التى قامت عليها نظريات نيوتن فى الحركة والجاذبية ، *والتى لا تخرج عما سبق للمسلمين كشفه وتأكيده* :

١ـ يقول برتراندرسل « إن منهج العلم عند نيوتن هو منهج الاستقراء فقانون الجاذبية[١] وصل إليه بالاستقراء من قوانين كبلر عن طريق ملاحظة الحقائق الفردية والوصول بالاستقراء إلى قانون عام ، ويستنبط بالقياس على القانون العام حقائق فردية أخرى »[٢] .

ويعقب رسل على هذا المنهج بقوله « ولايزال هذا المنهج الأمثل لعلم الطبيعة ، وهو العلم الذى ينبغى نظريا أن نستنبط منه كافة العلوم »[٣] .

٢ـ تحقق فى مجال العلوم الرياضية (الرياضة البحتة) تقدم كبير ، ساعد على اتساع آفاق البحث فى العلوم الفيزيائية منها :

أ ـ إحلال الأرقام العربية محل الأعداد الرومانية .

ب ـ اختراع اللوغاريتمات ، والتى ينسب فضل اكتشافها إلى الخوارزمى ، ومن بعده جون نابير John Napier (١٥٥٠ ـ ١٦١٧م) . وقد استعملت اللوغاريتمات فى عمل أداة نافعة هى الأداة المعروفة الآن بالمسطرة الحاسبة التى يمكن قراءة العمليات الحسابية عليها دون إجراء عملياتها[٤] .

جـ ـ ظهور الرموز الجبرية ، واستخدام الطرق الجبرية فى الهندسة وهو اختراع إسلامى سبقت الإشارة إليه ، أفاد منه ديكارت إفادة كبيرة فى اختراع الإحداثيات الكارتيزية[٥] ، والتى نسبت إليه .

د ـ وعلى اعتبار الخطوط والمنحنيات رسوما يمكن تتبعها بواسطة نقط متحركة تستوفى الشروط المبينة فى المعادلات[٦] أمكن لثابت بن قرة أن يحسب حجم الجسم المتولد من دوران القطع المكافئ حول محوره ، فمهد بذلك لظهور حساب التفاضل والتكامل ـ كما أشرنا[٧] ـ ومن بعده ديكارت الذى

---

(١) ينص قانون الجاذبية الكلية عند نيوتن « على أن كل جسم يجذب الآخر بقوة تتناسب تناسبا مباشرا مع ما تنتجه كتلتاهما ، وتناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما » رسل : تاريخ الفلسفة الغربية ، ص ٧١ .

(٢) برتراند رسل : النظرة العلمية ، ص ٢٩ .

(٣) المصدر السابق : ص ٣٠ .

(٤) د . م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٨١ .

(٥) طريقة فى الهندسة التحليلية يتم بمقتضاها تحديد موضع نقطة فى مستوى حينما تكون أبعادها من خطين أو محورين معروفة ، وتسمى هذه الأبعاد إحداثيات النقطة ، ويعبر عنها عادة بحرفى س ، ص ويعترف د م تيرنر بأن هذه الطريقة كانت معروفة منذ القدم ، وأغفل عن عمد نسبتها إلى علماء المسلمين (راجع : د . م تيرنر : الكشف العلمى ، ص ٨٢) .

(٦) د. م تيرنر المصدر السابق نفس الصفحة .

(٧) راجع ماكتبناه فى الباب الثانى من البحث .

أدخل فكرة الحركة إلى الهندسة . وتوسع بعد ذلك فى فكرة النقط المتحركة ، حتى شملت السطوح والأجسام المتكونة بواسطة دوران الأشكال الهندسية حول محورها .

وينسب رسل « فضل اكتشاف (حساب التفاضل والتكامل) إلى نيوتن « وليبنتز » على استقلال . ويعتبر هذا الحساب أداة لكل الرياضيات العليا تقريبا ، فساعد نيوتن على تحقيق إنجازاته الكثيرة فى مجال الميكانيكا والفلك »[1] وهذا الأمر فى حقيقته يعد تعصبا من رسل فى إنكار سبق المسلمين إلى فضل اكتشاف حساب التفاضل والتكامل على يد ثابت بن قرة الحرانى ـ كما أوضحنا .

هـ ـ أقام نيوتن نظريته العامة فى الميكانيكا على قضايا أساسية ثلاثة تسمى أحيانا بقوانين الحركة . وهى تدور حول تحديد صور تصور القوة Force ويتجدد هذا التصور فى إطار تصور الحركة إذ إن القوة عند نيوتن علة تغير الحركة وقد صاغ نيوتن قوانينه الثلاثة فى الحركة على النحو التالى[2]:

١ـ « يستمر كل جسم فى الحالة التى هو عليها من سكون أو حركة مطردة ما لم تضطره قوة إلى تغير تلك الحالة » ، وهذا هو القانون المعروف بقانون القصور الذاتى ، والذى أكد الأستاذ مصطفى نظيف على سبق ابن الهيثم إلى اكتشاف هذا القانون فى بحوثه عن الضوء ـ كما مرّ بنا ـ .

٢ـ « تتناسب القوة الواقعة على جسم ما تناسبا طرديا مع تغير كمية الحركة التى يحدثها الجسم فى زمن ما ، واتجاه هذه القوة هو الاتجاه الذى يتخذه هذا التغير فى كمية الحركة » .

٣ـ « لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ، ومضاد له فى الاتجاه » و بهذه القوانين الثلاثة وصل نيوتن إلى تقرير واقعة أساسية هى أن كل جزئى مادى به قوة سماها قوة الجاذبية Gravity وقام بتطبيقه على الأجسام الساقطة نحو الأرض . وعلى الكواكب فى مدارها حول الشمس ، وصاغ هذه القوانين فى صورة رياضية دقيقة .

---

(١) برتراندرسل : تاريخ الفلسفة الغربية ، ص ٧٣ . ويهيىء حساب التفاضل والتكامل حل عدد كبير من مسائل الهندسة والميكانيكا ، التى تتعلق بالكميات المتغيرة باستمرار فحينما تكون هناك كميتان مرتبطتان ببعضهما البعض ، بحيث أن تغيرا فى أحدهما يحدث تغيرا فى الأخرى ، فإن كل كمية يقال : إنها دالة الأخرى ، فالمسافة التى يقطعها الجسم الساقط دالة الوقت الذى يأخذه فى السقوط .

(٢) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ١٦٤ وما بعدها .

و ـ تناول نيوتن جملة مسائل فى الضوء من أهمها « نظريته الجسيمية للضوء Corpuscular theory » ، فى مقابلة النظرية الموجبة للضوء Waoe theory التى قال بها كريستان هويجنز C.Huyghens [1] فقد اعتبر نيوتن أن الضوء يتألف من جسيميات Particles متناهية فى الصغر ، واستدل فى ذلك ـ كما أكد الحسن بن الهيثم من قبـل ـ من أن أشعـة الضوء تسيـر فى خطـوط (سموت) مستقيمة ، وأن الأشعة التى تشع من الشمس عبر السحب تبدو مستقيمة . وكان (هويجنز) يرى أن الضوء لا يسير فى خطوط مستقيمة ، وإنما تنحنى أشعة الضوء فى مسيرها ثم تلتقى مرة ثانية .

« واستمرت النظرية الموجبة للضوء مسيطرة فترة من الزمن إلى أن جاء (ماكسـى بلانـك M. Planck) ، وأثبـت أن الضـوء يتألف من جسـيمات هى الفوتونات . وكانت أبحاثه فى الفوتونات مقدمة لنظرية الكوانتم Guantum theory التى صاغها عام ١٩٠١ »[2] .

وهذا ما يؤكد رسوخ نظرية ابن الهيثم فى ماهية الضوء ، والتى أكد عليها إسحق نيوتن عن بحث لماهية الضوء وسرعته فى الأوساط الكثيفة والخفيفة .

تلك هى أهم الأسس المنهجية والطرق العلمية التى مكنت نيوتن من إنجاز أهم نظرياته ، والتى تعد من وجهة نظر مؤرخى العلم ـ قمة ما وصل إليه الكشف العلمى حتى نهاية القرن السابع عشر .

وبنظرة فاحصة لهذه الأسس التى انتهجها كوبرنيكس ـ وكبلر ـ وچاليليو ومن بعدهم نيوتن نجد أنها تعتمد اعتمادا كبيرا على الطريقة المتكاملة للمنهج التجريبى عند المسلمين ، بالإضافة إلى مدى الاستفادة التى حققها رواد العلم التجريبى من الغربيين وعلى رأسهم نيوتن من إنجازات المسلمين فى مجال الرياضة البحتة فى فروع الجبر والهندسة التحليلية ، وحساب المثلثات ، وحساب التفاضل والتكامل . والتى كان لها تأثيرها فى صياغة النظرية العلمية على أرفع المستويات العلمية التى حققت دفعات كبيرة للعلم .

---

(١) د. محمود زيدان : المصدر السابق ، ص ١٦٨ .
(٢) المصدر السابق ص ١٧٠ .

وينبغى أن نؤكد على أن ما يدعيه بعض مؤرخى العلم - من أن الإنجازات التى تحققت فى حقول الفلك والميكانيكا وغيرها ، تنسب إلى رواد العلم فى عصر النهضة وحدهم دون غيرهم - ما هو إلا محض افتراء كاذب - فقد ثبت بالأدلة القاطعة سبق المسلمين إلى اكتشاف هذه النظريات الحاسمة فى تاريخ العلم (كنظريات النظام الشمسى - والجاذبية - قوانين الحركة وسقوط الأجسام ، وغيرها) .

أما فى مجال « البحوث الكيميائية » وبحوث « الأيدوستاتيكا وتوازن السوائل » فقد قطع فيها علماء أوربا شوطا كبيرا يستمد بداياته العلمية من إنجازات علماء المسلمين فى هذه المجالات :

١ - ففى مجال البحوث الكيميائية :

استطاع جون دالتون الإنجليزى (١٧٧٦ هـ - ١٨٤٤ م) أن يطور قوانين الاتحاد الكيميائى (قانون النسب الثابتة)[١] ، و (قانون النسب المتضاعفة)[٢] ، التى سبقه إليها جابر بن حيان عند تناوله لنظرية الميزان - كما عرضنا .

وقد ضمن دالتن نظريته الكيماوية المعروفة فى الاتحاد الكيميائى فى كتابه « نظام جديد فى الفلسفة الكيماوية »[٣] .

٢ - وفى مجال الأيدروستاتيكا (علم توازن السوائل) :

تأثر تورشيللى Torricelli (١٦٠٨ - ١٦٤٧م) بكتابات المهندس الإيطالى « جيرانيلوتوريانو » ، الذى كانت له أبحاث متعددة فى مجال « توازن السوائل Hydrostatics وهى أبحاث قيمة تطابق إلى حد بعيد أبحاث « الخازن » فى

---

(١) قانون النسب الثابتة هو عبارة عن اتحاد الذرات ، ويتبع ذلك أن يحتوى نفس المركب باستمرار على نسب العناصر التى يتكون منها مثال ملح الطعام الذى يحتوى دائما على عنصرى الصوديوم والكلور متحدين سويا بنفس النسب وزنا) .

(٢) أما قانون النسب المتضاعفة ، فهو عند اتحاد عنصرين ليكونا عدة مركبات مختلفة فإن الأوزان المختلفة للعنصر الواحد التى تتحد مع وزن معين للعنصر ، تكون بين بعضها البعض نسبة عددية بسيطة (د.م تيرنر ، الكشف العلمى ص ١٣٩ / ١٤٠ .

(٣) جيمس كونانت : مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ص ٨٢ .

توازن السوائل وقياس الكثافة النوعية للمواد المختلفة ، فقد اطلع على الأعمال الهيدروليكية الإسلامية فى طليطلة[1] ، وقد مهدت هذه الأبحاث الطريق أمام بويل R. Boyle (١٦٢٣ ـ ١٦٩١م) لصياغة قوانين الضغط الجوى المعروفة لنا الآن .

مما سبق يتضح لنا أن أوربا لم تبدأ عصر نهضتنا العلمية ولم تخرج من ظلمات القرون الوسطى إلا بعد أن بدأت حركة النقل والترجمة من العربية إلى اللاتينية ، وبعد أن اطلع الغربيون على أبحاث العلماء المسلمين وأساليبهم العلمية . فكانت هى الطريق الممهد لقيام عصر النهضة ، ونشأة المنهج التجريبى فى أوربا الحديثة على أيدى علمائها فى مجالات علوم الفلك والطبيعة والكيمياء .

ويتأسس على ما سبق أن علماء عصر النهضة عرفوا الطريقة العلمية المتكاملة فى البحث ، والتى انتقلت إليهم عن طريق المسلمين ، فقطعوا بالعلم أشواطا كبيرة فى سبيل التقدم والرقى .

وإذا كان هذا هو موقف علماء عصر النهضة من المنهج العلمى الذى (يجمع بين جوانب الطريقة الاستقرائية والطريقة الاستنباطية) فى صياغة النظرية العلمية ، والذى مكنهم من إحراز هذا التقدم الكبير فى مجالات العلوم المختلفة .

فما هو إذن موقف علماء المناهج الغربيين من المنهج العلمى بمعناه الحديث . ؟

هذا ما سوف نتوقف عنده بالنقد والتحليل فى الفصل التالى من البحث .

---

(١) روجيه جارودى : الإسلام دين المستقبل ، ص ٩٩.

الفصل الثانى

نقد موقف علماء المناهج الأوربيين من المنهج الرياضى حتى منتصف القرن التاسع عشر

١ ـ فرنسيس بيكون

٢ ـ جون ستيوارت مل

نقد موقف علماء المناهج الأوروبيين من المنهج الرياضى حتى منتصف القرن التاسع عشر

يميل علماء المناهج الأوربيين إلى اعتبار القرن الرابع عشر هو عصر الانقضاض على القديم فى أوربا ، حيث ظهر اتجاه حديث يمثل بداية النزعة التجريبية التى هدمت تماما بعض المذاهب المدرسية ، التى حاولت إقامة فلسفة تتفق مع الدين وحطمت العلم الطبيعى الأرسططاليسى فى جامعة باريس ، وظاهرت الأمراء فى تمردهم على السلطة البابوية فى القرن السادس عشر »[١] « فأخذ يتلاشى إثر هذا القرن قول بالضرورات العقلية ، وبدأ يصبح للملاحظة دور فى البحث عن تفسير للظواهر الطبيعية [٢].

ويحلو لعلماء المناهج ومؤرخى العلم أن ينسبوا الفضل فى اكتشاف المنهج التجريبى (الاستقرائى) ، ومن ثم المنهج العلمى المعاصر ، إلى فرنسيس بيكون ، وجون ستيوارت مل فى القرن السابع عشر والتاسع عشر الميلاديين [٣] .

وسنحاول فى هذا الفصل أن نلقى الضوء على أبعاد المنهج عند كلا الفيلسوفين ، لنقف على مدى ما أنجزاه فى مجال المنهج الاستقرائى ومدى استيعابهما لمتطلبات البحث العلمى . وموقفهما من المنهج الرياضى فى البحث التجريبى حتى يتضح لنا بجلاء مدى تأصيلهما لأدوات البحث العلمى بشقيه التجريبى والاستنباطى .

وسوف نتخذ من النقد العلمى سبيلا للوقوف على جوانب القصور فى مناهجهم ، وعدم استيعابهم لمتطلبات المنهج العلمى المعاصر ، التى سبقهم إليها علماء الحضارة الإسلامية بعدة قرون .

---

(١) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، طبع دار المعارف سنة ١٩٤٩ ، ص ٥ .

(٢) جون هرمان راندال : تكوين العقل الحديث جـ ١ ، ترجمة جورج طعمة ، مراجعة برهان الدين الدجانى ، طبع بيروت سنة ١٩٥٨ ص ٢٨٨ .

(٣) د . أحمد فؤاد باشا : فلسفة العلوم بنظرة إسلامية ص ٦١٧.

فرنسيس بيكون Francis Becon (١٥٦١ ـ ١٦٢٦م) :

لما كانت النهضة الأوربية قد جاءت بمثابة الثورة على النموذج الأرسطى فى التفكير . فقد كان (بيكون) على عقيدة بأن المذهب الأرسطى مسئول عن تأخر العلوم الطبيعية ، لأنه يفيد شيئا فى الكشف العلمى . « من حيث كونه قياسا عقيماً في كثير من وجوهه يضطر فيه المرء إلى أن يسلم بمقدماته تسليما لا يجوز فيه الشك ، وعلي ذلك فالعقل مضطر إلى أن ينتقل من قضية إلى قضية تلزم عنها ثم من هذه إلى أخرى تلزم عنها دون أن يؤدى إلى علم جديد » [١] .

ومن متطلبات هذه الثورة إذن هو الدعوة إلى الخروج إلى الطبيعة لملاحظتها ، بعد أن أغمضت العصور الوسطى عيونها عن الطبيعة [٢].

ومن ثم كانت القاعدة الشاملة لفلسفة (بيكون) قاعدة علمية ، مفادها تزويد الجنس البشرى بالسيطرة على قوى الطبيعة بواسطة الاكتشافات والابتكارات العلمية [٣] ومن ثم دعا إلى استخدام التجربة وجمع المشاهدات المدروسة عن الظواهر لتأسيس العلم عليها .

ورغم دعوة بيكون إلى التجربة فإنه لم يكن عالما مجربا بالمعنى المفهوم ، فقد شغلته شئون القانون والدولة عن ممارسة العمل التجريبى حتى أن طبيبهُ هارفى قال عنه « إنه كان يكتب عن العلم كقاضى قضاة » [٤] .

ولقد ضمن (بيكون) آراءه عن المنهج الاستقرائى فى كتابيه : المنطق الجديد , Novum organum وترجمته الحرفية (الأداة الجديدة) باعتبار أن لفظ organum يعنى الأداة ، ويقصد به المنطق نفسه باعتباره أداة التفكير

---

(١) د . زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ، طبع القاهرة سنة ١٩٥١ م ص ٣٩٤ .

(٢) نفس المصدر : ص ٣٩٤ .

(٣) برتراندرسل : تاريخ الفلسفة الغربية جـ٣ ، ص ٨١ .

(٤) د . أحمد فؤاد باشا : فلسفة العلوم بنظرة إسلامية ، ص ١١٧ : وقارن : برتراندرسل : تاريخ الفلسفة الأوربية جـ ٣ ، ص ٧٩ / ٨٠ الذى يقول : بأن بيكون «ظفر بوظيفة قاضى القضاة Lord chancellor» فى حكم الملكة اليزابيث (ملكة إنجلترا) عام ١٦١٨ . ولكن بعد أن شغل مكانه لسنتين فقط ، اتهم بتلقى الرشاوى من الخصوم وحكم عليه بالغرامة والسجن ، إلا أن الحكم خفف عليه ، ولكنه أجبر على التخلى عن الحياة العامة ، فأنفق بقية أيامه فى كتابة كتبه الهامة ، ومثل هذا الحكم يعطينا فكرة =

العلمى [١]. وقد كان الهدف من هذا الكتاب (المنطق الجديد) « نقد المنطق الأرسطى ونظرية القياس المدرسية ، التى لم ير فيها بيكون إلا مجموعة مبادىء تختلف فى درجة التعميم [٢] . ثم تطوير (الاستقراء) بحيث يكون مبدءاً أساسيا لكل العلوم .وهو الاستقراء الذى عبر عنه ــ رسل ـ بأنه أفضل من ذلك النوع الذى يطلق عليه (الاستقراء بالعد البسيط « والذى قال به أرسطو [٣] .ونشر (بيكون) هذا الكتاب فى عام ١٦٢٠ م باللغة اللاتينية .

أما كتابه الثانى تقدم المعرفة The Advancement of learning وهى على هيئة رسالة باللغة الإنجليزية ، فقد حاول فيه (بيكون) وضع تصوره المأمول فى تأسيس العلم والمعرفة من جديد ، على نحو يكون فيه للطبيعة دور كبير يساعد على التوسع والتقدم فى الأعمال التى من شأنها مساعدة الإنسان على إحكام سيطرته على قوى الطبيعة لصالح الجنس البشرى . وقد نشر هذه الرسالة فى عام ١٦٠٥م [٤] .

موقف بيكون من المنطق الأرسطى :

قلنا إن بيكون قصد من كتابه « الأرجانون الجديد » هدفين رئيسين : الأول الثورة على المنطق الأرسطى ونقده ، وهذا يمثل الجانب الهدمى (أو السلبى) من منهجه الجديد ، ثم موقفه من المنهج الاستقرائى الجديد وهو الجانب الإنشائى (أو الإيجابى) فى منهجه . وبيكون فى ذلك مسبوق بالدراسة الممتازة (لابن تيمية الحنبلى) ، التى تعرض فيها لنقض المنطق الأرسطى وإنشاء المنطق الأصولى بمباحثه المختلفة [٥] .

وتتلخص أوجه نقد « بيكون » للمنطق الأرسطى فيما يلى :

= عن أمانته العلمية أيضا .

(1) Andrson f.H. : The philosophy of francis Bacon (chicago U.S: A 1948) P.P.33-34 .

(٢) د . جلال موسى : منهج البحث عند العرب ، ص ٤٧ .

(٣) رسل : المصدر السابق ص ٨٢ .

(2) Vergilius ferm : history of philcsophical systems (New Jersy 1968) P. 235 .

(٥) راجع ماكتبناه عن المنهج الاستقرائى عند المسلمين (القسم الأول من البحث).

أولا :

يقول بيكون عن نظرية القياس الأرسطية « وما القياس إلا طريقة لقهر الخصوم أو قناعتهم عن طريق الحجج اللفظية . إلا أن هدف البحث العلمى ليس قهر الخصوم ، وإنما قهر الطبيعة ذاتها ، وليس السيطرة على الألفاظ ، وإنما السيطرة على الأشياء . ومن هنا كان القياس منهجا عقيما كل العقم بالنسبة إلى أى علم يرمى إلى كشف حقائق الكون ، وإخضاع ظواهره لسيطرة الإنسان ـ وغاية مايمكن أن ينتفع به من القياس ، هو استخدامه كأداة لنشر الحقائق وإقناع الأذهان بها لا لكشف الجديد فيها »(١) .

ثانيا :

من أكبر عيوب القياس فى نظر بيكون هو أنه يشجع الإنسان على التعميم السريع ، إذ إن قضايا المنطق الصورى يتخذ عادة صيغة عامة تبدو معها منطبقة على كل الظواهر المنتمية إلى مجال البحث (٢) ، وكذا فإن الاتجاه إلى التعميم السريع فى القياس هو فى حقيقة الأمر مظهر من مظاهر اتجاه أعم فى الذهن البشرى « يطلق عليه بيكون اصطلاح (استباق الطبيعة Anticipatrion of Nature) ويقصد به الانتقال بسرعة من معلومات جزئية إلى أعم النتائج التى تتخذ شكل مبادىء يقينية تنطبق على كافة المجالات المختلفة » (٣) ، وفى مقابل ذلك يقترح بيكون طريقة أخرى للبحث العلمى ، هى « طريقة تفسير الطبيعة Interetation of Nature ، وهى الطريقة التى تلخص بها جهوده فى ميدان المناهج العلمية ، والتى يرى أنها كفيلة بكشف القوانين العلمية الجديدة » (٤) .

---

(1) Francis Bacon : The Advancement of learning and Novum organum (The world great classics (New Yourk-London 1900) (Aphorism 12) P. 316 .

(2) Francis Bacon : Novum organum (Aphorism 12) P. 318 .

(3) Ibid : P. 319 .

(4) Francis Bacon : The advan cement of learning P. 147 .

ثالثا :

فيما يختص بالاستقراء عند أرسطو يقول بيكون « صحيح أن أرسطو تحدث عن الاستقراء ، وعرض فيه نظرية اعتقد البعض أنه من الممكن الاستعانة بها فى الكشف عن القوانين الطبيعية . غير أن هذه النظرية لم تكن لها أهمية كبيرة ، فكثيرا ماكان الاستقراء الذى تحدث عنه أرسطو يرد إلى القياس ، وذلك عن طريق إحصاء صفات معينة فى الأنواع وإيجاد ارتباط قياسى بينها »[١].

ومن ثم جاءت هذه الطريقة الاستقرائية قاصرة وعاجزة عن الإنتاج . ومضيعة للوقت .

أوهام العقل عند بيكون :

يرى (بيكون) أن العقل لكى يصبح قادرا على الوصول إلى نظرية العلم القائمة على أساس المنهج الاستقرائى التجريبى ، لابد أن يتحرر من سيطرة طريقة أرسطو المعيبة الناقصة ، وأن يتخلص أيضا من الأخطاء والأوهام Idols التى تعوق تقدمه .

ويحصر (بيكون) هذه الأوهام (أو الأوثان) كما يسميها - فى أربعة أنواع ، يتناولها (من فقرة ٣٨ - ٦٨) فى كتابه المنطق الجديد ، وقد كان يعنى بالأوهام « الأفكار الزائفة ، أو أنواع الأفكار فى الذهن ، التى هى بمثابة عوائق فى سبيل الوصول إلى الحقيقة (منهج العلم) »[٢] نوجزها على النحو التالى :

ا - أوهام القبيلة *Idols of the tribe* :

وهى التى يقع فيها الإنسان بحكم طبيعته البشرية فى سرعة الوثوب الى

---

(١) د . فؤاد زكريا : الأرجانون الجديد ، (المجلد الثانى من مجلة تراث الإنسانية طبع القاهرة (بدون تاريخ) . ص ٨٩٩.

وأيضا : د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٦٢.

(2) Francis Bacon : Novum organum , Aphorisms 38/68 P.P. 319-

وأيضا : د . زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص ٣٩٧ ومابعدها .

الأحكام ، وتعميم بعض الحالات دون الالتفات إلي الحالات المعارضة لها

٢ـ أوهام الكهف *Idols of the cave :*

تأتى هذه الأوهام من التكوين الخاص للأفراد ، لذلك فهى تختلف من فرد إلى آخر باختلاف عوامل الوراثة والبيئة والثقافة .

٣ـ أوهام السوق *Idols of the Market :*

وهى المتعلقة بالأخطاء التى تنشأ من استعمالَ اللغة فى التفاهم ونقل الأفكار ، الأمر الذى يجعل من الألفاظ وسيلة تتحكم فى العقل وتؤثر فيه .

٤ـ أوهام المسرح Idols of the theatre :

وهى الأوهام التى يقع فيها الإنسان نتيجة اعتقاده فى صدق فلسفات قديمة ، واعتناق أرائها دون نقد أو تمحيص مما يعرضنا للوقوع فى الخطأ .

وبعد أن يعرض بيكون نظريته فى الأوهام الأربعة يدعو الذهن الإنسانى إلى تطهير ذاته منها ، والبدء فى البحث على أسس سليمة ، حيث يقول « لقد انتهينا الآن من بحث كل نوع من الأوهام ، وبينا خصائصها ، وهى فى جملتها أوهام ينبغى للعقل أن يتخلى عنها ، وأن يتحرر منها تماما بحيث يصبح دخول مملكة الإنسان التى تقوم على العلوم أشبه ما يكون بدخول مملكة السماء التى لا تفتح أبوابها إلا للأبرياء »(١) .

ويقول بيكون فى كتابه « تقدم المعرفة » فى هذا الصدد أيضا « إنه لايمكن التخلص نهائيا من تأثير هذه الأوهام جميعا ، إلا ببلوغ الذهن الإنسانى المراحل العليا من المعرفة الإنسانية ، المتمثلة فى ممارسة الفيزياء العلمية ، وعندئذ يستطيع الإنسان أن يتعرف على الأشياء كما هى بالفعل أو معرفة صورها أو قوانينها الحقيقية (٢) .

---

(1) Francis Bacon : Novum, organum , Aphorism 68 P . 331.

(2) Francis Bacon : The Advancement of learning 156 .

وعلى أية حال فإن هذه الأوهام تشكل عند بيكون أكبر عائق يكبل عقول الناس ، ويجعل الإدراك بالنسبة إليهم أمرا صعبا ، كما تشكل عقبة فى طريق تجديد العلوم ، ومن ثم فإنه يجب أن يتخذ الذهن البشرى كل الاحتياطات الواجبة ضدها [١] .

معنى الصورة عند (بيكون) :

« قلنا إن بيكون هاجم العلل الغائية عند أرسطو ، ورفض اعتبارها من العلم فى شىء ، فقد كان يرى أن البحث فى هذا النوع من العلل (العلل الغائية) ليس من قبيل الفلسفة الطبيعية ، بل اعتبرها من قبيل الفلسفة الميتافزيقية » [٢] .

« وكان يرى أن العلم القديم كان يحاول استكناه « الصورة » أى ماهية الوجود مثل صورة الأسد أو السنديان ، أو الذهب ، أو الماء ، أو الهواء فكان مجهودا ضائعا » [٣] .

« أما العلم الجديد عنده فيبحث عن صورة الكيفية أو ماهيتها ، أى عن صور الطبائع المدلول عليها بهذه الألفاظ : كثيف - مخلخل - حار - بارد - ثقيل - خفيف ، واعتبرها معنى علميا ، واعتبر أن معرفتها أمر مكمل وضرورى » .

وعلى ذلك يحدد (بروشار) معنى الصورة أو القانون عند بيكون « بأنه التنظيم الميكانيكى لدقائق المادة الذى يؤدى فى كل حالة إلى ظهور إحدى الطبائع ، كالحار والبارد ، والجاف والرطب ، وعن طريق كشف الصيغة يستطيع الإنسان إخضاع الطبيعة لعقله ، وتحقيق السيطرة عليها » [٤] .

ومن ثم يمكن القول بأن (بيكون) لم يتخل عن لفظ الصورة الوارد

---

(1) Novum organum , Aphorism 38 P. 319 .
(2) Broad , C. D : The philosophy of Francis Bacon (Cambiridge , 1926) P. 14 .

(٣) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ٤٧ .
(٤) د. فؤاد زكريا : الأرجانون الجديد ص ٩٢ .

عند أرسطو ، ولكنه يعنى به شرط وجود كيفية ما ، أو هو يعدل عن الصورة الجوهرية إلى شروط وجود الصورة العرضية ، لذلك أوضح بيكون فى معرض حديثه عن الصور أنه يقصد بها القوانين الطبيعية ، فيقول : « إن إحداث وإضفاء طبيعة جديدة أو طبائع جديدة ، هو عمل وهدف القدرة الإنسانية . فى حين أن الكشف عن الصور .. هو عمل وهدف المعرفة الإنسانية ، التى يتم عن طريقها كشف كل أشكال السلوك أو الحركة » (١) .

ويجيء القول الفصل فى هذه المسألة (معنى الصورة عند بيكون) حين يعتبر (بيكون) أن صور الأشياء هى قوانينها التى تؤلف ألف ياء الطبيعة ، وهى محدودة فى عددها . والكشف عنها ومعرفتها يضمن تفسيرا لكل شىء فى الطبيعة ، ويزود الإنسان بقدرة هائلة على ضبط الطبيعة (٢) .

وعلى ذلك فإن (بيكون) يعتبر أن صورة الحرارة مثلا ، أو صورة الضوء ماهى إلا قانون الحرارة أو قانون الضوء (٣) ويعتبر (بيكون) أن الوصول إلى العلم بالصور لا يكون إلا بالتجربة .

نظرية الاستقراء عند بيكون :

عندما وضع بيكون نظريته فى الاستقراء ، فإنه أراد البحث فى الطبيعة ، لكل ماتحتوى عليه ممايسميه هو باسم الطبائع أو الكيفيات التى توجد عليها الأشياء ـ كما أوضحنا ـ .

لذلك فقد قسم النظرية عنده إلى مرحلتين أساسيتين :

١ ـ مرحلة التجريب .

٢ ـ ثم مرحلة القوائم أو تصنيف الوقائع التى جاءت من التجربة .

اولا : مرحلة التجارب :

سنعرض لقواعد التجربة التى وضعها بيكون ثم نوضع بعض المآخذ عليها:

(1) Novum organum , Aphorism I part 2 P. 368 .

(2) Robert Mcrae : The problem of unity of the science from Bacon to kant (Toronto press 1961) P. 24 .

(3) Novum organum , Aphorism 17 part 2 P. 388 .

إن هذه المرحلة هى مرحلة الجمع المنهجى للتجارب العظيمة التنوع التى يطلق عليها (بيكون) « صيدبان Pan Hunting »[1] ، والتى يجب على العالم إجراؤها أو جمعها ، ويدخل ضمن وصف التجارب عند (بيكون) مجموعة من القواعد ، نوجزها على النحو التالى[2] :

١ - تنويع التجربة على مواد مختلفة .

٢ - إطالة التجربة للتثبت من تأثير المؤثر فى أثره.

٣ - نقل التجربة والمقصود بها تطبيق التجربة فى مجالات علمية مختلفة.

٤ - قلب التجربة وذلك بأن نحاول الحصول على أثر العلة فى الشىء المتأثر فى وضع مقلوب ، كدراسة تأثير انتشار الحرارة من أعلى إلى أسفل بدلا من أسفل الى أعلى .

٥ - تكرار التجربة إلى أبعد مدى ممكن للحصول على نتيجة دقيقة .

٦- مد التجربة أى إجراء تجربة على مثال تجربة أخرى مع تعديل فى المواد.

٧ - إلغاء التجربة أى طرد الكيفية المراد دراستها بتغيير الأوساط التى تجرى فيها التجربة . مثال ذلك وقد لاحظنا أن المغناطيس يجذب الحديد خلال أوساط معينة كان تنوع هذه الأوساط إلى أن يقع وسط تلغى فيه الجاذبية .

٨ - جمع التجارب ، أى الزيادة فى فاعلية مادة ما بالجمع بينها وبين فاعلية مادة أخرى .

٩ - صدق التجربة : أى أن تجرى التجربة لا لتحقيق فكرة معينة ، بل لكونها لم تجر بعد ، ثم ينظر فى النتيجة ماذا تكون ، مثل أن تحدث فى إناء مغلق الاحتراق الذى يحدث عادة فى الهواء الطلق .

---

(١) « صيد بان » عبارة يطلقها بيكون على مجموعة القواعد المنظمة للتجربة ، ويقصد من « بان » هنا آلة الطبيعة والبرارى والنباتات أو القنص عند اليونان ، ويقصد به الطبيعة الكلية أو الكون ، والقنص أو الصيد هو الذى يهيىء لنا اقتناص شوارد من الطيور لم تكن تقصد إليها منذ البدء . (فقنص بان) يدل مجازا عند (بيكون) على أن هذا القنص يستطيع أن ييسر لنا اكتشاف أشياء فى الطبيعة لم نكن نفكر فى اكتشافها ، ولم نسع قصدا إلى هذا الاكتشاف (راجع د . عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ص ١٥٧ / ١٥٨) .

(٢) لاحظ : بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ، ص ٢٢٧ وما بعدها ، وأيضا : يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ص ١٥٨ وما بعدها .

والملاحظ فى خطوات التجريب التى أشار إليها (بيكون) أنه خلط بين الملاحظة والتجربة خلطا شديدا إلى درجة أنه وحد بينهما ، حين « أشار إلى أن الملاحظة والتجربة مهمتها إحصاء المواد ، والاستقراء . والاستنتاج لإعدادها وتصنيفها فى قوائم » [١] وهو الأمر الذى يوضح عدم استيعابه الكافى لمراحل الدليل الاستقرائى ، على عكس ماذهب إليه المسلمون فى تأصيل هذا الجانب من المنهج الاستقرائى ، وتحديد مراحله بكل دقة ـ على نحو ماعرضنا .

ثانيا : مرحلة تصنيف المعلومات فى قوائم *Tables* :

طبق بيكـون نظريته الخاصة بالاسـتقراء على بحث قام به عن ظاهرة الحرارة ، ودوّن إجراءاته ونتائجه فى كتابه المنطق الجديد . وللحرارة عند بيكون تفسيران : الأول متيافزيقى Metaphisical ويعنى بها الحركة الشديدة غير المنتظمة لذرات النار ، والثانى فيزيقى physical ، ويأتى من الطريقة الصناعية فى خلط المواد الكيماوية بعضها مع بعض ، فمثلا خلط حمض الكبريتيك بالماء يولد حرارة [٢].

ويرى (بيكون) أن للحرارة ثلاثة صفات رئيسية : [٣]

١ ـ الصفات الحسية . ٢ ـ الخصائص الطبيعية .

٣ ـ الصور الميتافزيقية .

فالأولى والثانية تعنى الصفات الحسية للحرارة ، التى يشعر بها الإنسان عندما يلمس جسما ساخنا ، أو يتعرض لحرارة مباشرة . أما الثالثة فهى تعنى كما أشرنا ـ الحركة الشديدة غير المنتظمة لجزئيات النار .

وعلى ذلك فالحرارة عند (بيكون) تعتبر « طبيعة بسيطة » [٤] ، تظهر

---

(١) برنارد (كلود) المدخل لدراسة الطب التجريبى ، ترجمة الدكتور يوسف مراد وآخرين ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٤ ص ١٨ .

(2) Broad C.D : The philosophy of Francis Bacon P. 30 .

(3) Ibid : P. 31 .

(٤) (وبيكون) متأثر هنا بنظرية الطبائع الأربعة « اليونانية » د . عبد الرحمن بدوى مناهج البحث العلمى ص ١٥٨ ـ وأيضا : د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٦٧).

صورتها فى الأشياء بظهور هذه الطبيعة ، وتختفى باختفائها . ومن ثم يمكن للإنسان إذا ما عرف صورة الحرارة أمكنه توليدها من الحركة . فمعرفتنا بالصور إذن يزيد من سيطرتنا على الطبيعة ، ويعفينا من الطرق الحسية Thumb Methods التى تستخدمها فى توليد الحرارة [1] وفى ذلك إغفال كامل من جانب (بيكون) للتجريب الحسى ، وبعد شديد عن قواعد المنهج التجريبى بمعناه المعاصر ، والذى تنبه إليه المسلمون ووضعوا أصوله وقواعده .

وقد حاول (بيكون) أن يكشف عن القوانين التى تتحكم فى توليد الحرارة وإشعاعها ، فسرد (٢٧) حالة تحدث فيها عن الحرارة ، « بعضها غريب كل الغرابة »[2] ويبتعد عن أصول المنهج التجريبى .

وقد حصر (بيكون) هذه الحالات فى ثلاث قوائم رئيسية نوجزها على النحو التالى :[3]

١ ـ قائمة الحضور *Table of presence* :

وتشمل جميع الحالات والأمثلة الجزئية التى تظهر فيها الحرارة لتسجيلها .

٢ ـ قائمة النفى (الغياب) *Table of Absence* :

ويثبت بيكـون فيهـا كافة الحـالات التـى تختفى فيها الحرارة لغياب صورتها .

٣ ـ قائمة التفاوت فى الدرجة *Table of Dgrees* :

وفيها يسجل (بيكون) الدرجات المتفاوتة للظاهرة المدروسة ، وإثباتها فى سجل شامل بالأحوال المختلفة للظاهرة ، وبهذا يكون (بيكون) قد عمد من خلال قوائمه إلى التوصل إلى صور الطبائع « عن طريق ما يسمى بمنهج

---

(1) Broad C.D : Op. cit P. P. 41 -- 42 .

(٢) د . عبد الرحمن بدوى : المصدر السابق ، ص ١٦٠ .

(٣) لاحظ : المصدر السابق ، ص ١٦٠ . ومابعدها ، وأيضا : د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ، ص ٤١٠ ، ومابعدها .

الحذف المتتابع Successive Elemination والتجربة الموجهة Instructed Experience[١] ، ومن ثم فإن (بيكون) بهذا المعنى يعتبر قاصرا فى فهمه لطبيعة الاستقراء الحديث فقد اعتبره منهج صور الكيفيات »[٢] .

نقد الطريقة البيكونية :

سنجمل فيما يلى أهم جوانب نقد نظرية بيكون الاستقرائية (فى طريقته التجريبية ـ موقفه من الفروض العلمية ـ موقفه من الرياضيات) ، لنتبين مدى قصور هذه الطريقة البيكونيةعن استيعاب متطلبات المنهج العلمى الحديث :

أولا : طريقته التجريبية :

أ ـ إن طريقة بيكـون فى جمع الحقائق والمشـاهـدات التـى أسماهـا « صيد بان » ماهى إلا تكديس للظواهر والملاحظات والتجارب ، دون تمحيص أو قصد لاكتشافها [٣] ، وهذه الطريقة تجعل من الباحث آلة مهمتها جمع الوقائع المشاهدة وتبويبها فى قوائم [٤] .

وقد كان قصد بيكون من وراء ذلك أن يبحث فقط عن الطبيعة بكل ماتحتوى عليه مما يسميه هو باسم الطبائع أو الكيفيات .

ب ـ إن هذه الكيفيات أو الطبائع (المحدودة العدد) هى ما يتألف منها الكون ، « لذلك فإنه باستطاعتنا ـ كما يرى بيكون بعدد من التجارب الفاصلة الوصول إلى نتيجة إيجابية »[٥]. ولهذا اعتبرت جهود بيكون عبارة عن عملية وصفية للكيفيات مدعمة بالتجربة فحسب .[٦] ولهذا وصف « رايشينباخ » منهج الاستقراء لدى بيكون « بأنه « ساذج » لم يتطرق إلى إثارة مشكلة التعميم ، وعلاج الفجوة التى تستنبطها تلك المشكلة ، ولذلك لم يناقش بيكون

---

(1) Broad C.D : op . cit P.P. 56 - 59 .

(٢) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ٤٩ .
(٣) د . عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ، ص ١٦١ .
(٤) د. أحمد فؤاد باشا : التراث العلمى للحضارة الإسلامية ، ص ٤٤ .
(٥) د . جلال موسى : منهج البحث العلمى عند العرب ، ص٤٧ .
(٦) مصطفى نظيف : الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصـــرية جـ١ ، ص ٢٩ ـ ٣٠ .

المشكلة المنطقية لمشروعية الاستقراء [1] ؛ لأنها لم تطرأ على ذهنه ـ على حد قول بول موى ـ ثم إنه لم يوضح بجلاء أن الفكرة الأساسية التى وصل إليها فى مثال الحرارة « هى مجرد فرض يستخلص الاستنباط منه نتائج يجب التحقق من صدقها بطريقة تجريبية »[2] . فقد اعتبر أن مجرد تكديس المشاهدات والتجارب فى قوائمه الثلاثة المعروفة كفيل بالوصول إلى القوانـــين « وفى ذلك إنكار لمرحلة تكوين الفروض فى حين أن خطوات المنهج التجريبى الصحيح هى الملاحظة والتجربة ، ثم تكوين الفروض وتحقيقها عن طريق التجربة »[3] . كما أكد على ذلك علماء المناهج المسلمون من قبل .

جـ ـ إن طريقة الحذف « فى منهج بيكون الاستقرائى طريقة برهانية يمكن أن تؤدى إلى إثبات النتائج إثباتا ضروريا ، كنتائج البرهان الأرسطى[1] ويمكن التعبير عن ذلك بالضرورة الشكلية التالية :[4]

« ح » إما أن تكون « أ » أو « ب » أو « حـ » أو « د » .

« ح » ليست « ب » وليست « ح » وليست « د » .

∴ « ح » هى « أ » .

وهو قياس شـرطى نتيجته ضرورية ، وعلى ذلك فقد كان « بيكون » يرمى إلى اكتشــاف منهج تستنبط بواسطته القوانين الطبيعية استنباطا ضروريا [5] ، وهو فى ذلك يتفق مع وجهة النظر الأرسطية فى العلم البرهانى ، والتى طالما هاجمها .

ثانيا : نقد موقفه من الفروض العلمية :

أ ـ رفض بيكون مرحلة تكوين الفروض فى المنهج الاستقرائى واعتبر أن الفروض استنباط للطبيعة Anticipation of Nature أى الإدلاء بآراء نظرية

---

(١) هانز رايشنباخ : نشأة الفلسفة العلمية ، ص ٨٣ .

(٢) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم جـ٢ ، ص ٢٢٩ .

(٣) د . جلال موسى: المصدر السابق ، ص ٤٨ .

(٤) د . زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى ص٤١٢

(٥) د . جلال موسى : المصدر السابق ، ص ٤٨ .

نظن أنها تفسير لما أمامنا من وقائع وتجارب [١] . فهى . من وجهة نظره - عمل من فعل المخيلة حيث يقول « إن الفروض من فعل المخيلة ، المخيلة قوة غير محدوودة ، يمكن أن تستمرر فى خلق الآرا إلى مالا نهاية »[٢] .

ب - لذلك اعتقد بيكون أن مجرد جمع الوقائع والمشاهدات والتجارب كفيل بالوصول إلى القوانين العلمية السليمة « فى حين أن هذا نادرا مايكون ممكنا فى الواقع، فكثيرا ماتكون بعض الفروض ضرورية كتمهيد لجميع المعلومات ، فضلا عن صياغة القوانين ، ومن هنا يأتى وجه الضعف فى منهج بيكون الاستقرائى ، مقاده عدم التأكيد الكافى على وضع الفروض العلمية ، والمعروف كقاعدة أن صياغة الفروض هى أصعب جزء فى العمل العلمى ، وهو الجزء الذى يستلزم قدرا كبيرا من البراعة »[٣] .

جـ - وبذلك يكون بيكون قد أقصى أهم مرحلة من مراحل البحث العلمى ، وهى مرحلة صياغة الفروض التى تنتهى إليها كل من مرحلتى الملاحظة والتجربة ، وقد استغل وليم بول (١٧٩٤ - ١٨٦٦م) وجه الضعف هذا وضخمة إلى حد كبير [٤] .

ثالثا : نقد موقفه من الرياضيات :

أ - انصب اهتمام بيكون على الدعوة إلى دراسة العلم التجريبى والتاريخ الطبيعى - كما أشرنا - وهى علوم قائمة على الملاحظة والتجارب الكيفية « بينما أبدى تحفظا من الرياضيات ، لأنها « مجردة » تضفى على الأشياء صورة قد لا تعبر عن حقيقتها ، شأنها شأن سائر التجريدات الميتافزيقية »[٥] .

ومرد ذلك الاعتقاد عند (بيكون) إنما يرجع « إلى خوفه مما جره المنهج

---

(١) د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٧٠ .

(2) Novum organum , Aphorism 28 P. 318 .

(3) Bertrand Russel : A history of Western philosophy (London 1961) P. 530 .

(٤) الموسوعة الفلسفية المختصرة : ترجمة فؤاد كامل (وآخرون) ، مراجعة د. زكى نجيب محمود (الألف كتاب ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٣ ، ص ١١١) .

(5) Benjamin farrimgton ; : Francis Bacon , Philosopher of industrial science , P. 117 .

الاستنباطى (عن طريق القياس) من أضرار على العلم ، وحرصه من جهة أخرى على الابتعاد عن كل ما قد يشتم منه شبهة الاستنباط »[1] .

ب ـ وبذلك يكون (بيكون) قد أغفل ـ عن عمد ـ أهمية الدور الذى يلعبه الاستنباط فى العلم ، ونسى تماما أنه حين « يتعين اختيار فرضى ، فثمة رحلة استنباطية طويلة من الفرض ـ إلى النتيجة ، يكون الاستنباط فيها رياضيا »[2] يسمح لنا بالتنبؤ بنتائج التجارب فى العلم الطبيعى بطريق صورى[3] . وبهذا يبخس « بيكون » الرياضيات أهميتها فى البحث العلمى ، « وذلك عيب لا يغتفر له »[4] تعرض بسببه للنقد الشديد[5] .

جـ ـ إن ضعف مقدرة (بيكون) الرياضية ، « منعته من فهم معاصريه من علماء عصر النهضة ، ومن إقامة النظريات الفيزيائية العلمية »[6] .

فقد عارض (بيكون) نظرية كوبرنيكس ، واعتبر أن معارضته لها معارضة منهجية ، « باعتبار أن الرياضيات كانت المقدمة الأولى لنظام كوبرنيكس واعتبر أن هذه النظرية صدرت عن بحث نظرى لم تأخذ الملاحظة فيه نصيبها الكامل »[7] .

وهو نفس الأمر الذى جعله يتردد فى قبول الاستنباطات العلمية القيمة لجوهان كبلر ، التى وضع فيها الأساس للدراسات الفلكية الحديثة ، « حيث وجدها آنذاك غير مجدية من الناحية العملية ، فضلا عن أنها تصدر عن منهج رياضى[8] .

ولنفس السبب تجاهل (بيكون) آراء جاليليو العلمية النظرية ، التى تقوم على أساس المنهج الرياضى ، « والتى كان يبدأ بوضع بعض الفروض التى

(1) Benjamin farrington : Ibid P. 117 .

(٢) د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٧٠ .

(٣) المصدر السابق : نفس الموضع .

(4) Andrson F. A. : The philosophy of Francis Bacon P. 276 .

(5) Broad C.D. : The philosophy of Francis Bacon P.P. 61 - 62 .

(6) Andrson F.H. : op. cit P. 137 .

(7) Virgilius ferm : History of philosophical systems P. 463 .

(8) Stebbing S. : A modern introduction to logic , P. 463 .

يتخيلها فى صورة رياضية ، ثم يستنبط منها النتائج التى تنطوى عليها ؛ لكى تتحقق من صدق هذه النتائج بطريقة تجريبية »[١] ، وهى طريقة المنهج العلمى الحديث ، التى سبقه إليها علماء المسلمين ، أمثال ابن الهيثم والبيرونى وغيرهم [٢] .

ويرى الدكتور محمود زيدان أن جاليليو « لم يأخذ عن بيكون منهجه العلمى بدليل عدم ذكر الأول للثانى فى مؤلفاته العلمية ، بالإضافة إلى أن الإشارات المنهجية التى تضمنتها كتابات جاليليو تشير إلى معارضة (بيكون) فى أمرين رئيسيين هما : إعطاء تكوين الفروض واستخدام الاستدلال الرياضى قيمة للمنهج العلمى أكبر من الملاحظة والتجربة بينما لم يشر (بيكون) إلى الاستعانة بالرياضة فى البحث العلمى ـ كما جعل الفروض شرطا فى المنهج العلمى بينما رفض (بيكون) صراحة مرحلة تكوين الفروض »[٣] .

د ـ يميل بعض مؤرخى العلم الأوربيين إلى اعتبار أن المنهج العلمى المعاصر الذى يستخدم المناهج الاستنباطية مقترنة بالاستدلالات الاستقرائية [٤] يجئ مناصفة بين بيكون وديكارت (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) ، ولا ينهض بمفرده عند أى منهما على حدة . « فقد استطاعا تغطية هذا الموقف العلمى سويا » ، فبيكون بوضعه لأسباب الخطأ الإنسانى وطرق معالجته وديكارت بشكه المنهجى Systematic doubt [٥] .

« فقد كان (بيكون) يبدو عاجزا عندما يعالج أى موضوع يختص بالرياضيات البحتة أو التطبيقية ، فلم يكن صاحب أية نظرية رياضية استنباطية وكان جاهلا بالتطورات السريعة التى حققتها الرياضة البحتة ... على حين استطاع ديكارت أن ينشىء النظريات الرياضيه التى حققت على يديه

(1) Steebbing S . : A modern introduction to logic , p . 463 .

(٢) ينظر ص ١٥٥ ، ٢٤٦ من الرسالة .

(٣) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٦٠ .

(٤) رايشينباخ : نشأة الفلسفة العلمية ، ص ٨٣ .

(5) Broad , C.D : op. cit , p. 65 .

ثورة فى مجال الهندسة والميكانيكا »[١] ،« وأن يجعل من الرياضة السبيل الوحيد للوصول إلى اليقين . وعلامة اليقين فيها هو وضوح المعانى وتسلسلها ، فهى تمض من البسيط إلى الواضح إلى المركب الغامض بنظام محكم »[٢] .

أما منهج الاستقراء عنده « فلا يصل إلا إلى معارف متفرقة إن جمعت بعضهـا إلى بعض ألفت علمـا مهلهـلا ملفقا ، لاندرى من أين نلتمس له اليقين »[٣] . ومرد ذلك أن ديكارت كان عاجزا عن فهم الأسلوب الاستقرائى فى البحث العلمى[٤] .

هـ - يقول رايشينباخ « إن اللوم فى قصور منهج العلم عند (بيكون) والذى ظهر من خلال نموذجه الاستقرائى المفرط فى البساطة والذى يغفل دور الرياضيات فى الفيزياء ، لا ينبغى أن يوجه إليه وحده ، بل ينبغى أن يوجه إلى التجريبين المتأخرين ولا سيما جون ستيورات مل ، الذى وضع بعد مائتين وخمسين عاما من وفاة بيكون منطقا استقرائيا لا يكاد يرد فيه ذكر للمنهج الرياضى ، وكان فى أساسه صياغة جديدة لأفكار بيكون »[٥] .

جون ستيورات مل *John Stuart Mill* (***١٨٠٦ - ١٨٧٣م***) :[٦]

بالرغم من أن الفترة الزمنية التى تفصل بين (بيكون) و (مل) تزيد على قرنين ونصف من الزمان ، إلا أن معظم مؤرخى العلوم والمناهج يميلون إلى

---

(1) Ibid : p. 66 .

(٢) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ص ١٧ .

(٣)المصدر السابق : نفس الصفحة .

(4) Ibid : P. 66 .

(٥) رايشينباخ : نشأة الفلسفة العلمية ، ص ٨٣ .

(٦) درس (مل) فى بداية حياته الأدبين اليونانى واللاتينى ، شرع بعدها فى دراسة المنطق بنفسه . انتخب عضوا بمجلس النواب سنة ١٨٦٥ . نشر كتابه « المنطق القياسى والاستقرائى » System of logic فى عام ١٨٤٨ م وعلى الرغم من سعة اطلاعة وكثرة كتاباته جاء أسلوبه ضعيفا معقدا .. .لم يؤهله لأن يصير كاتبا ، كما أن مطالعاته الفلسفية والمنطقية لم تجعل منه عقلا منطقيا ، حتى أن ستانلى جيفونس Jevons s . بعد أن شرح كتابه فى المنطق نقده نقدا عسيرا وقال إن تدريسه ضار بتكوين الشباب وأن عقل (مل) كان متناقضا فى جوهرة ، لم يمس شيئا إلا خلط فيه.انظر يوسف كرم (تاريخ الفلسفة الحديثة ص ٣٢٣ وما بعدها) .

اعتبار (مل) امتدادا لبيكون ، وسدا للنقائص (لبيكون) فى منهجه[1] ، بل ويعتبرون محاولات (مل) هى الكلمة الأخيرة فى منهج (بيكون) الاستقرائى .

وسنعرض لمعالم منهجه توطئة لنقده ، كما فعلنا مع سلفه (بيكون) :

منهج « مل » الاستقرائى :

يوافق (مل) ، (بيكون) على أنَّ ما أورده فى نقد نظرية القياس الأرسطى وبيان عقمه وعدم جدواه ، ويضيف إلى هذا النقد نقدا آخر مؤداه « إن القياس ليس نوعا مستقلا من الاستدلال ، وإنما هو تابع للاستدلال الاستقرائى معتمد عليه ، ذلك لأنه يجب أن تكون إحدى مقدمتى القياس على الأقل كلية ، ولكن تلك المقدمات القياسية الكلية تصل إليها أولا باستقراء ، فالاستقراء إذن سابق والقياس تابع »[2] .

والاستقراء الذى يدعو إليه « مل » مبنى على ملاحظة الجزئيات والانتهاء إلى قانون عام يفسر هذه الجزئيات . ولا يهتم (مل) بالاستقراء الكامل الذى أطلق عليه أرسطو اسم (الاستقراء بالعد البسيط) ، الذى نلاحظ منه جميع أفراد الظاهرة التى يدرسها الباحث واحدا واحدا لأن الحكم الكلى يكون نفس الحكم الذى صدر على كل فرد من أفراده .

والاستقراء الحقيقى عند (مل) هو الاستقراء الذى يؤدى إلى كسب معرفة جديدة أو الكشف عن حقائق مجهولة (وهو ما يعبر عنه بالاستقراء الناقص) ، فالقوانين التى نتوصل إليها عن طريق هذا النوع من الاستقراء لا تصدق على الحالات الجزئية التى لا حظناها فحسب ، بل يتجاوزها إلى جميع الحالات التى تشبهها ولو لم تتناولها ملاحظة أو تجر عليها تجربة[3] .

---

(١) د. توفيق الطويل : جون ستيوارت مل (سلسلة نوابغ الفكر الغربى) طبع دار المعارف (بدون تاريخ) ، ص ١٣٣ .
(٢) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٧٤ .
(٣) د . توفيق الطويل : المصدر السابق ، ص ٤٢ .

ومعنى هذا أننا نتيح لأنفسنا أن نحكم على كل أفراد الظاهرة ، التى لم تخضع لملاحظاتنا بنفس الحكم الذى أصدرناه على أفرادها التى تناولتها، ملاحظاتنا ، أو بمعنى آخر هى « مسألة الضمان الذى يضمن لنا الانتقال من الحالات الجزئية المشاهدة إلى وضع القانون العام »[١] .

وقد اعتبر مؤرخو المنطق هذه المسألة « مشكلة أساس الاستقراء » .

وقد صرح (مل) تبريرا لهذه المشكلة بأن التجربة قد علمتنا أن ظواهر الطبيعة تجرى على نسق واحد ، وتسير على غرار لا يلحقه تغير ، وكل ظاهرة تسبق أخرى ، ومن ثم سميت السابقة متى اطرد وقوعها علة أو سببا ، وسميت اللاحقة عند اطراد وقوعها معلولا أو نتيجة ، وتمشيا مع قانون تداعى المعانى تعيد الذاكرة الظواهر بنفس الطريقة التى تعاقبت عليها .

ومن ذلك فقد كان (مل) يعتقد بأن الاطراد الوحيد الذى يراه مبدأ للاستقراء هو الاطراد العلّىُّ . ذلك لأنه « لا شىء يمكن أن يحدث فى هذا العالم إلا وكان له ارتباط متكرر بشىء آخر »[٢] .

فالظاهرات التى يطرد وقوعها هى الظاهرات المرتبطة ارتباطا علّيًّا ومعنى ذلك أن « الارتباط العلّىّ هو الذى يتيح لنا تفسير الاطراد المشاهد فى الطبيعة ، ومن ثم يتيح معرفة أن الظواهر والحوادث التى شاهدناها تقع فى الماضى إنما سوف يتكرر حدوثها فى المستقبل »[٣] .

وعلى ذلك فمبدأ العلّيّة عند (مل) ليس مبدأ يقوم على الضرورة المنطقية ـ كما كان يزعم العقليون ـ وإنما اعتبره مبدءاً تجريبيا يجىء اكتسابا ويفسر فى ضوء قوانين تداعى المعانى »[٤] .

---

(١) د . عبد الرحمن بدوى : مناهج البحث العلمى ، ص ١٧٠ .

(2) Mill J.s. : System of logic (Longmans Green & Co . London 1925) P . 226 .

(٣) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٩٠ .

(٤) د . توفيق الطويل : المصدر السابق ، ص ١٤٣ وأيضا : محمد فرحات عمر : طبيعة القانون العلمى ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ ص ١٥٨ .

ومن هذا المنطق عرف (مل) العلة بأنها « مجموعة الشروط الكاملة الإيجـابية والسـلبية ، التـى إذا ما تحققت ترتب عليهـا النتيجـة بصورة مطردة »[1] .

والاطراد هنا عند (مل) ليس اطرادا استنباطيا يقوم على ضرورة منطقية ، فنحن لا نقدم برهانا عليه ، وإنما نبرره . « فالخبرة الإنسانية (أى ملاحظاتنا اليومية) هى التى تؤكده وتدعمه »[2] .

وبهذا آمن (مل) بمبدأ انتظام الطبيعة ، وأنه مبدأ بديهى أو ضرورى ، وتكون غاية الاستقراء هى اكتشاف العلاقات السببية بين الظواهر . « وهذه العلاقات فـى رأيه تقع بين الظواهر ، وليس بين الأشـياء فى ذاتها ، وقد بنى « مل » اعتقاده هذا على مارآه من انتظام (اطراد) عام فى مجرى الطبيعة ، وهو يرى أن الانتظام العام أو القانون هو نسج « للاطرادات الجزئية »[3] .

ويرى (مل) أيضا أن الظاهرة الواحدة ، قد تصدر عن عدة أسباب وليس عن سبب واحد بعينه ، وفى ذلك يقول « ينبغى التسليم بمبدأ تعدد الأسباب ، إذ ليس صحيحا أن النتيجة الواحدة يجب أن تتبع سببا واحدا فقط ، فإن هناك عدة أسباب مثلا « تفضى إلى الحركة ، وعدة أسباب أخرى تفضى إلى أنواع الإحساس المختلفة ، وعدة أسباب تفضى إلى الموت »[4] .

ويضرب (مل) مثالا علـى ذلك « بالرجـل الذى تناول طعاما معينا فمات . نحن نقول أن علّة موت هذا الرجل هو تناوله لهذا الطعام لأنه لو لم يكن تناوله لما مات »[5] .

ولكن (مل) يلاحظ « أن تناول الطعام ليس العلة الوحيدة لموت هذا الرجل ، بل يجب أن يضاف إلى جانب ذلك عوامل أخرى مثل تركيب الرجل

---

(1) Ibid : P. 217 .

(٢) المصدر السابق د. محمود زيدان ص ٧٧ .

(٣) محمد فرحات عمر : طبعة القانون العلمى ، ص ١٥٨ .

(4) Mill : System of logic p. 222 .

(5) Mill : Ibid P. 224 .

الجسمانى وحالته الصحية ، وربما بعض ظروف الجو . تلك العوامل (الأسباب) يجب أن تضاف هى وغيرها حتى تتم الوفاة »[١] .

ولكننا تعودنا حين نفسر ظاهرة ما ألا تذكر هذه السلسلة العلية الكاملة ، « ونكتفى فقط بالعامل المباشر فى إحداث الظاهرة تلك الحالات تكون بقية السلسلة العلية متضمنة فى قولنا ولا يمكن إنكارها »[٢] .

وعلى ذلك فإن الظاهرة التى تسمى أثرا (أو معلولا) عند مل ـ لا بد أن تسبقها مجموعة من الظواهر أو الشروط التى تؤدى إلى إحداث ذلك الأثر .

نخلص مما سبق إلى أن الشىء المهم فى نظر « مل » ، هو اكتشاف العلاقات السببية بين الظواهر ، ولابد لهذه العلاقات من قواعد وأسس تتبلور من خلالها تلك العلاقات ؛ لمعرفة الترابط الحقيقى بين العلة ومعلولها لتأكيد اطرادها ، لأن الاطراد فى نظر (مل) يستدعى التلازم بين الحدثين ، كلما تكرر وقوعهما فى المستقبل ، وعن طريق هذا التلازم الضرورى بين الحدثين يتمكن الباحث من تعميم الحكم عن طريق الدليل الاستقرائى ، ولهذا لابد من فحص تلك العلاقة وتأمين اطرادها فى المستقبل لكى تكون عملية الاستقراء ظاهرة مشروعة ، وهكذا يكون (مل) قد واجه أهم جوانب التفسير العلّىّ للاستقراء ، وهو الذى ينص على ضرورة البرهنة على الاطراد المستمر بين الحدثين كلما حدثا فى المستقبل ، وتأمن القواعد التى تتكفل بإقامة ذلك البرهان ومن ثم توصل (مل) إلى وضع قواعده الخمسة المعروفة ، وهذه القواعد هى :[٣]

طريقة الاتفاق والاختلاف ، وطريقة الجمع بينهما ، وطريقة التلازم فى الوقوع وفى التخلف ، وأخيرا طريقة البواقى .

ورغم أن (مل) قد سجل فى طرقه هذه سبقا فى تاريخ فلسفة العلم على

---

(1) Ibid : P.225 .
(2) Ibid : p . 225 .
(3) Mill : System of logic P .P. 253 - 260 .

صعيد الفكر الأوربى[1] ، فقد تنبه إلى هذه الطرق علماء الأصول من المسلمين من قبل ، وأفاضوا الحديث عن هذه القواعد وخصائصها بالنحو الذى يبرهن على حقيقة العلة وتشخيصها ، ولقد تبين لنا الأثر الواضح لهذه القواعد على الطرق الاستقرائية التى نادى بها (مل) ـ على نحو ما عرضنا ـ من قبل [2] .

نقد منهج (مل) الاستقرائى :

مما سبق يتضح لنا جملة الحقائق التالية حول منهج « مل » الاستقرائى :

١ـ لم يستفد (مل) كثيرا من المعطيات العلمية خلال الفترة الطويلة التى تفصل بينه وبين (بيكون) فى مجال وضع المناهج العلمية فنحن « لانكاد نجد اختلافا كبيرا بين منهجه فى الكشف عن القانون وبين منهج (بيكون) . فطرق (مل) الخمسة ترجع فى حقيقة الأمر إلى نظرية العلم البيكونية »[3] .

٢ـ إذا افترضنا أن منهج (مل) جاء بعناصر جديدة من شأنها أن تعمل على زيادة الدقة فى البحث العلمى ، فإن هذه الزيادة فى الدقة لاتكفى وحدها للوصول إلى صياغة القانون العلمى فى صورته الرياضية الراهنة .

ويمكننا فى هذا الصدد أن نرى أن وجوه الضعف التى ظهرت فى المنهج الاستقرائى عند (بيكون) تتكرر مرة أخرى فى المنهج الاستقرائى عند (مل)[4] .

بل ظهرت وجوه ضعف جديدة لم تظهر عند (بيكون) ، جعلت (جودو روجيرو Ruggiro G.) يرى أن « فلسفة مل ، التى تدعى أنها منهج لكل العلماء ، هى ببساطة سلبية بالنسبة للعلم ، فقد ابتعدت تماما عن مناهج العلماء من أمثال جاليليو ونيوتن ، لقد عادت خمسة قرون إلى الوراء ، ولهذا حوت كل وجوه ضعف الفلسفة المدرسية ، وخلت من الدقة العلمية المطلوبة

---

(١) جون كينى : الفيلسوف والعلم ، ترجمة ابن الشريف ، طبع بيروت ، سنة ١٩٦٥ ، ص ١٧٢ .
(٢) راجع الفصل الخاص بمنهج الاستقراء عند المسلمين (من البحث) . والذى أوضحنا فيه سبق المسلمين إلى اكتشاف قواعد المنهج الاستقرائى .

(3) Andrson F. H . : The philosophy of Francis Bacon p. 301 .
(4) Ibid : P. 302 .

لصياغة نظريات العلم »[1] .

٣ـ يميل بعض مؤرخى المناهج إلى أن مواد فصول منهج (مل) الاستقرائى مستمدة من مناهج بعض علماء القرن التاسع عشر أمثال :

١ـ السير جون هرشل Jhon Herschel ١٧٩٢ ـ ١٨٧١م[2] .
٢ـ وليم ويول William Whewell ١٧٩٥ ـ ١٨٦٦[3] .
٣ـ كلود برنارد Claude Bernard ١٨١٣ ـ ١٨٧٨[4] .

هؤلاء أجروا محاولات لتلافى بعض وجوه الضعف التى انتابت منهج بيكون الاستقرائى ، وطالبوا باصطناع الملاحظة والتجربة مع الاستعانة بالنظر العقلى[5] .

٤ـ أن أبرز وجوه الضعف التى تكررت عند (مل) هى الاعتماد على فكرة السببية لتفسير الارتباط الكيفى بين الظواهر ، مع إغفال القانون العلمى المصاغ على شكل دالة رياضية للتعبير عن العلاقات الكمية بين الظواهر .

« ففكرة السببية تفترض اختلافات كيفية بين الظواهر جعلت (مل) يقف عند حد منطقه الإدراك الكيفى التطبيقى للظواهر كما تبدو للمشاهد من خلال الحواس ، بينما هذه الظواهر هى فى الواقع ليست إلا تطبيقات متعددة لعلاقة رياضية واحدة[6] .

فالخطأ الذى وقع فيه (مل) ـ على حد تعبير ، بول موى ـ « هو اعتقاده

---

(1) Guido Roggiero : Modern philosophy (Allen & unwin Ltd) New York 1921 p . 236 .

(٢) عالم فلكى ألمانى ، له دراسات مستفيضة فى الفلسفة الطبيعية ، أهم كتبه المنطقية مقال فى دراسة الفلسفة الطبيعية ١٨٣٠ م .

(٣) أستاذ فلسفة بجامعة كمبردج (وعالم طبيعى) أهم كتبه « تاريخ العلوم الإستقرائية » ١٨٣٧ وكتاب « فلسفة العلوم الاستقرائية مؤسسة على تاريخها » ١٨٤٠ م .

(٤) عالم تجريبى فرنسى .

(٥) د . توفيق الطويل : جون استيوارت مل ، ص ١٣٣ / ١٣٤ وأيضا : يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ،ص ٣٢٣ وما بعدها .

(6) Andrson F . H. : op. cit P. 304 .

بأن الظواهر تنطوى فى ذاتها على التفسير ، والحقيقة أن الواجب هو جلب التفسير إليها . فالتفسير يخترع أكثر مما يكتشف ، ثم يحقق بعد ذلك ، وأساس المنهج التجريبى ، ليس مجرد رصد المشاهدات ، وإنما هو اختراع للصيغة الرياضية »[1] .

٥ـ تقوم الطرق الاستقرائية بوجه عام عند (مل) على البحث عن العلل ، الأمر « الذى جعله يؤكد دون أن يشعر على أن القوانين العلمية ، يجب أن تكون قوانين عليّة ، وهى نظرة قاصرة »[2] .

« فالعلم لا يتكون بهذه الطريقة ، فالطرق التى وضعها جون ستيورات مل هى طرق التجربة التائهة ، التى تعتمد عل التفسير القائم على عزل سلسلة متتابعة من الظواهر لدراستها ، والطريق الصحيح هو أن تتصور القوانين الرياضية الخاصة بسلوك الظاهرة وظروفها »[3] ، لتتمكن من الحكم الصحيح عليها .

٦ـ يلاحظ أن الطريقتان الرابعة والخامسة (من طرق مل الاستقرائية) تعتمدان على الطرق الثلاثة الأولى . ومن ثم إذا كانت تلك الطرق الثلاثة الأولى طرقا نثق بها إذن فالطريقتان الأخيرتان إذن معرضتان لنفس النقص . أما الطريقة الثالثة فليست فى الواقع طريقة مستقلة متميزة ، وإنما هى تكرار للطريقة الأولى والثانية معا [4] .

٧ـ يلاحظ أيضا أن طريقة الاختلاف أو التلازم فى التخلف إنما هى فى جوهرها قياس شرطى منفصل ، ويمكن أن تتخذ هذه الطريقة الصورة القياسية التالية :

علة س إما أن تكون أ أو ب أو حـ .
لكنه علة س ليست ب أو حـ .
∴ علة س هى أ .

---

(١) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم ، جـ١ ص ٢١٠ .
(٢) د . محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ٩٧ .
(٣) بول موى : المصدر السابق ، ص ٢١١ .
(٤) د . محمود زيدان : المصدر السابق ، ص ٩٧ .

ويرى الدكتور محمود زيدان : « أن (مل) بذلك يكون أمام اختيار صعب ، إما أن يسلم بقوة الاستدلال القياسى وقدرته على إحراز التقدم العلمى ، وإما أن ينكر طريقة الاختلاف . وموقفه من القياس معروف فقد أطاح به لعقمه وعدم جداوه . وهو إما أن يتراجع عن هذا النقد ، وهو فى ذلك غير مستطيع لأنه أقام الاستقراء على أساس أنه يحل محل القياس كمنهج للبرهان ، وإما أن ينكر طريقة الاختلاف ، وهو لا يستطيع إنكارها وإلا انهارت نظريته فى تحقيق الفروض »[١] .

تلك هى أهم جوانب منهج الاستقراء التجريبى عند اثنين من أكبر علماء المناهج الغربية ، والذى ارتكز على تصور محدود للمنهج مستمد من مجرد حصر المشاهدات والتجارب ، وتصور محدود لقيمة الفروض فى مجال البحث العلمى . وإغفال لدور الرياضيات فى تطوير الطريقة العلمية ، وهو ما تنبه إليه علماء المسلمين من قبل فقد أهمل (بيكون) الاهتمام بالفروض العلمية أو حذر - بتعبير أدق - من الإسراف فيها « مخافة أن يؤدى ذلك إلى بلبلة الفكر وتضليل الباحث »[٢] . على حين أخذ (مل) بالفرض العلمى على اعتبار أنه مرحلة أساسية فى البحث الاستقرائى بعد مرحلة الملاحظة والتجربة . « ومن ثم أقام تصوره للمحتوى العلمى للفرض على مبدأ الاطراد فى الطبيعة ؛ لذلك فإن الفرض لديه يجب أن يتفق مع طبيعة الوقائع التى آمن باطرادها ، وبالتالى تكون نتيجة صادقة »[٣] .

أو بمعنى آخر للفرض العلمى شرط أساسى عند مل ، « هو ألا يظل فرضا بل يجب أن يتخذ طريقة إلى إثباته أو إنكاره بمطابقته للوقائع فى العالم الطبيعى فما لم يجد ذلك السبيل فلا يستحق أن يسمى فرضا إذ ليست له وظيفة بأى حال »[٤] .

---

(١) د. محمود زيدان : المصدر السابق ، ص ٩٨ .
(٢) د . توفيق الطويل : المصدر السابق ، ص ١٣٣ .
(٣) د . محمود زيدان : المصدر السابق ،ص ٨٩ .
(٤) نفس المصدر : ص ٩١ .

ويلاحظ على هذا الشرط الذى وضعه مل . أنه يؤدى إلى إنكار فروض كثيرة يسلم بها العلم الحديث ،« فهنالك فروض مستحيلة التحقيق بالطريقة التجريبية التى رسمها (مل) ، ولكنها فروض علمية صحيحة ومقبولة »[١] .

وقد تنبه المسلمون إلى هذا المعنى فقالوا « بنسبية الفروض العلمية ، وأن هناك بعض الفروض التى يمكن قبولها رغم استحالة مطابقتها لوقائع العالم الطبيعى ومن هنا كان الإسلاميون أقرب إلى روح المنهج العلمى المعاصر »[٢] الذى يفسر الفرض بالأسلوب الذى نادى به مفكرو الإسلام .

كذلك فيما يختص بوظيفة الاستقراء ، ودوره فى بناء النظرية العلمية ، فقد اتضح لنا موقف (بيكون) الذى انحصر فى مجرد ملاحظة الأشياء دون محاولة الوقوف على العلاقات التى تربطها بعضها ببعض . ومن ثم كان تسجيله للحقائق الجزئية المبعثرة التى وصل إليها لا يكفى لنشأة العلم .

أما (مل) الذى حاول معالجة أوجه القصور فى نظرية الاستقراء البيكونية فإنه حصر تفكيره فى البحث عن (العلل) من خلال (طرقه الخمسة) التى اقترحها لتحقيق الفروض . وهذه النظرة العلمية فى معنى القانون العلمى نظرة قاصرة ، إذ إن هناك قوانين علمية لا حصر لها ، ولها قيمتها العلمية لا تتضمن العلاقات العلّيّةَ ولا التفسير العلّى[٣] ، وتقوم على أساس العلاقات الرياضية الكمية بين الظواهر .

أما المسلمون فقد فهموا وظيفة الاستقراء ، ولم يقصروا نتائج بحثهم على معطيات التجربة فقط ، كما هو الحال عند الفلاسفة التجريبيين ، ولهذا آمنوا بمبادىء منطقية خارج حدود التجربة ، ولقد سجلوا سبقا علميا فى هذا المجال على مستوى الطريقة العلمية .

فقد عالجوا الاستقراء على أساس إمكانية العقل ودوره فى بناء النظرية العلمية . كما استعانوا بجملة مناهج علمية أخرى ، أهمها المنهج الرياضى

---

(١) د . محمود زيدان : المصدر السابق ص ٩١.
(٢) المصدر السابق : ص ٩١ .
(٣) المصدر السابق : ص ٩٩.

الذى أدركوا أهميته لتطوير الطريقة العلمية .

وبذلك جمعوا بين كل من المنهج الاستقرائى التجريبى ، وبين المنهج الاستنباطى الرياضى بحسب ما تقتضيه طبيعة البحث فى مجالات العلوم المختلفة . وهو الأمر الذى لم يتنبه إليه علماء المناهج الغربيين ـ كما مر بنا ـ إذ خلت مناهجهم من الإشارة إلى دور الرياضيات فى تطوير البحث العلمى ، وجعلت نظرياتهم قاصرة عن إدراك متطلبات البحث العلمى المعاصر .

وبذلك يمكننا القول بكل ثقة أن المنهج العلمى القائم على الملاحظة والتجربة والاستنباط (وهو منهج العلم المعاصر) نشأ فى عصر الحضارة الإسلامية على يد الخوارزمى والبيرونى ، وابن الهيثم وغيرهم ، وانتقل إلى جاليلو ونيوتن إبان عصر النهضة الأوربية فكانوا ـ بلا منازع ـ كما يقول « سيديو » أساتذة لأهل أوربا .

المصادر والمراجع العربية

(١) القرآن الكريم .

(٢) ابن تيمية :

الرد على المنطقيين طبعة بومباى سنة ١٩٤٩م .

(٣) ابن خرداذبة :

المسالك والممالك ، طبعة ليدن سنة ١٣٠٩ هـ .

(٤) ابن خلدون :

المقدمة ، تحقيق الدكتور على عبد الواحد وافى ، طبع دار الشعب (بدون تاريخ) .

(٥) ابن خلكان :

وفيات الأعيان ، تحقيق الدكتور إحسان عباس ، طبع بيروت، (بدون تاريخ) .

(٦) ابن دريد :

جمهرة اللغة ، طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٣٤٥هـ .

(٧) ابن رسته :

الأعلاق النفيسة ، طبعة ليدن سنة ١٨٩١م .

(٨) ابن سينا :

البرهان (كتاب الشفاء) تحقيق الدكتور عبد الرحمن بدوى طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ م .

(٩) تسع رسائل فى الحكمة والطبيعيات ، طبع القاهرة سنة ١٩٠٨ م .

(١٠) رسالة فى الإكسير بدون مكان وزمان طبع .

(١١) القانون فى الطب ، طبعة بولاق سنة ١٨٧٧ م .

(١٢) عيون الحكمة ، طبع طهران سنة ١٣٣٣ هـ .

(١٣) ابن عراق (أبو منصور) :
رسائل أبى منصور بن عراق إلى البيرونى ، طبع حيدر أباد سنة ١٩٤٨ م .
(١٤) ابن أصيبعة :
عيون الأنباء فى طبقات الأطباء ، طبع بيروت سنة ١٩٦٥ م .
(١٥) ابن منظور :
لسان العرب ، طبع بيروت سنة ١٩٥٦ م .
(١٦) أبو حيان التوحيدى :
المقايسات تحقيق حسن السندوبى ، مصر سنة ١٩٢٩ م .
(١٧) ابن النديم :
الفهرست ، طبعة ليبزج ١٨٧١ م .
(١٨) أحمد شوكت الشطى :
مجموعة أبحاث عن تاريخ العلوم الرياضية ، طبع دمشق ١٩٦٤م .
(١٩) أرسطو :
منطق أرسطو ، تحقيق الدكتور عبد الرحمن بدوى ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٩ م .
(٢٠) الباقلانى :
كتاب التمهيد ، تصحيح ريتشر ويوسف مكارثى ، طبع بيروت سنة ١٩٥٧ م .
(٢١) البتانى :
كتاب الزيج الصابى ، تصحيح كارلوتللينو ، طبعة روما سنة ١٨٩٩ م .
(٢٢) أحمد فؤاد باشا (الدكتور) :
التراث العلمى للحضارة الإسلامية ، طبع دار المعارف سنة ١٩٨٤م .
(٢٣) فلسفة العلوم بنظرة إسلامية ، طبع دار المعارف سنة ١٩٨٤ م .
(٢٤) أحمد مختار صبرى :
الاسطرلاب عند العرب (ضمن محاضرات الحسن بن الهيثم التذكارية) طبع القاهرة سنة ١٩٤٧ م .
(٢٥) بوتراندرسل :
تاريخ الفلسفة الغربية (الكتاب الثالث) ترجمة د. محمد فتحى الشنيطى طبع القاهرة سنة ١٩٧٧ م .
(٢٦)مشاكل الفلسفة ، ترجمة محمد عماد الدين إسماعيل ، وعطية محمود هنا

طبع القاهرة سنة ١٩٤٧ م .
(٢٧) الفلسفة بنظرة علمية ، تلخيص وتقديم د. زكى نجيب محمود ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٠ م .
(٢٨) النظرة العلمية ، تعريب عثمان توبة ، مراجعة د. إبراهيم حلمى عبد الرحمن ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٦ م .
(٢٩) **بونارد (كلود) :**
المدخل لدراسة الطب التجريبى ، ترجمة د. يوسف مراد وآخرين ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٤ م .
(٣٠) **بروكلمان (كارل) :**
تاريخ الشعوب الإسلامية ، ترجمة نبيه أمين ، ومنير البعلبكى طبع بيروت سنة ١٩٥٦ م .
(٣١) **بنسون (أ . هـ .) :**
مقدمة فى المنطق الرمزى ، ترجمة د. عبد الفتاح الديدى ، طبع مصر سنة ١٩٧١ م .
(٣٢) **بنيامين فارنجتن :**
العلم الإغريقى ، ترجمة أحمد شكرى سالم ، طبع مصر سنة ١٩٥٨ م .
(٣٣) **البوزجانى (أبو الوفا) :**
رسالة فى إقامة البرهان على الدائر من الفلك من قوس النهار (ضمن مجموعة رسائل متفرقة فى الهيئة) طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٣٦٢ هـ .
(٣٤) **بول موى :**
المنطق وفلسفة العلوم ، ترجمة الدكتور فؤاد زكريا ، طبع القاهرة سنة ١٩٦١م .
(٣٥) **البيرونى (أبو الريحان) :**
كتاب تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن تحقيق د.ب ولجاكوف ، طبع مصر سنة ١٩٦٤ م .
(٣٦) تحقيق ما للهند من مقولة ، تحقيق إدوارد سخاو طبعة ليبزج سنة ١٩٢٥ م .
(٣٧) التفهيم لأوائل صناعة التنجيم (مخطوط بدار الكتب المصرية تحت رقم ٨٤٨ ميقات) .
(٣٨) كتاب الآثار الباقية عن القرون الخالية ، طبع ليبزج سنة ١٨٧٩ م .

(٣٩) الجماهر فى معرفة الجواهر ، طبع بيروت (بدون تاريخ).
(٤٠) استخراج الأوتار فى الدائرة بخواص الخط المنحنى تحقيق د. أحمد سعيد الدمرداش طبع القاهرة سنة ١٩٦٥ م .
(٤١) رسائل البيرونى ، طبع حيدراباد الدكن سنة ١٩٤٨ م .
(٤٢) القانون المسعودى ، طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٩٥٤ م .
(٤٣) **البيهقى :**
تتمة صوان الحكمة ، طبع الهند سنة ١٩٣٢ م .
(٤٤) **التهانوى :**
كشاف اصطلاحات الفنون ، طبع بيروت (بدون تاريخ)
(٤٥) **توبيازدانزج :**
العدد لغة العلم ، ترجمة د. أحمد أبو العباس ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(٤٦) **توفيق الطويل (الدكتور) :**
أسس الفلسفة ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(٤٧) جون ستيورات مل (سلسلة نوابغ الفكر الغربى) طبع القاهرة سنة ١٩٦٦م .
(٤٨) **تيونو (د. م) :**
الكشف العلمى ، ترجمة أحمد سليمان ، مراجعة د. محمد جمال الدين الفندى ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(٤٩) **جابر بن حيان :**
مختار رسائل جابر بن حيان ، نشر بول كراوس ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ وتشمل على :
١ـ كتاب الأحجار على رأى بلبناس .
٢ـ كتاب إخراج ما فى القوة إلى العقل .
٣ـ كتاب الخواص الكبير .
٤ـ كتاب السبعين .
٥ـ كتاب التصريف .
(٥٠) **جابر بن حيان :**
كتاب البحث (مخطوط بدار الكتب المصرية) تحت رقم ٢٦٨١ نسخ سنة ١٩٤٠ م عن نسخة الآستانة .

(٥١) جابر بن حيان :
كتاب التجريد ، تحقيق ونشر هولميارد ، طبع باريس سنة ١٩٢٨م .
(٥٢) جابر بن حيان :
كتاب الإيضاح (ضمن مختارات هولميارد) .
(٥٣) الجرجانى (على بن محمد) :
كتاب التعريفات ، طبع بيروت سنة ١٩٦٩ م .
(٥٤) جلال عبد الحميد موسى (الدكتور) :
منهج البحث العلمى عند العرب ، طبع بيروت سنة ١٩٧٢ م .
(٥٥) جلال مظهر :
حضارة الإسلام ، وأثرها فى الترقى العالمى ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٤ م .
(٥٦) جورج سارطون :
تاريخ العلم ، ترجمة لفيف من العلماء ، طبع مصر سنة ١٩٥٧ م .
(٥٧) العلم القديم والمدنية الحديثة ترجمة د. عبد الحميد صبرة ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٠ م .
(٥٨) جون ديوى :
المنطق (نظرية البحث) ترجمة زكى نجيب محمود ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٠م .
(٥٩) جون كينى :
الفيلسوف والعلم ، ترجمة أمين الشريف ، طبع بيروت سنة ١٩٦٥م .
(٦٠) جون هرمان راندال :
تكوين العقل الحديث (الجزء الأول) ترجمة جورج طعمة مراجعة برهان الدين الدجانى ، طبع بيروت سنة ١٩٥٨ م .
(٦١) جيمس كونانت :
مواقف حاسمة فى تاريخ العلم ، ترجمة الدكتور أحمد زكى ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٣ م .
(٦٢) الحسن بن الهيثم :
مجموع الرسائل ، طبع حيدر أباد الدكن سنة ١٣٥٧ هـ .
(٦٣) حاجى خليفة :
كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون ، طبع اسطنبول سنة ١٣١٠ هـ .

(٦٤) خالص حلبى كنجو (الدكتور) :

الطب محراب الإيمان ، طبع سنة ١٩٧١ م .

(٦٥) الخازن (أبو الحسن على بن محمد) :

كتاب ميزان الحكمة ، طبع حيدر أباد سنة ١٣٥٩ هـ .

(٦٦) الخوارزمى (محمد بن موسى) :

كتاب الجبر والمقابلة ، تحقيق د. على مشرفة ، د. محمد موسى أحمد ، طبع القاهرة سنة ١٩٣٩ م .

(٦٧) الخوارزمى (الأديب) :

مفاتيح العلوم ، طبع مصر سنة ١٣٣٢ هـ .

(٦٨) دائرة المعارف الإسلامية :

الترجمة العربية طبع القاهرة .

(٦٩) الإدريسى (الشريف) :

نزهة المشتاق فى اختراق الآفاق ، طبع روما سنة ١٨٧٨ م .

(٧٠) الدوميبيلى :

العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى ، ترجمة د. عبد الحليم النجار ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٢ م .

(٧١) الرازى (أبو بكر) :

الحاوى فى الطب ، طبع حيدراباد سنة ١٩٥٥ م .

(٧٢) كتاب المرشد أو الفصول ، تحقيق البير زكى إسكندر ، طبع مصر سنة ١٩٦١م .

(٧٣) كتاب سر الأسرار ، طبع طهران سنة ١٣٤٣ م .

(٧٤) روجيه جارودى :

الإسـلام دين المسـتقبل ، ترجمة عبد المجيد بارودى ، طبع بيروت (بدون تاريخ) .

(٧٥) روحى الخالدى :

الكيمياء عند العرب ، طبع دار المعارف سنة ١٣٤٢ هـ .

(٧٦) الزبيدى :

تاج العروس ، طبع مصر سنة ١٣٠٦ هـ .

(٧٧) **الزركلى (خير الدين) :**
الأعلام ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٤ م .
(٧٨) **زكى نجيب محمود (الدكتور) :**
جابر بن حيان ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٥ م .
(٧٩) الجبر الذاتى ترجمة د. إمام عبد الفتاح طبع مصر سنة ١٩٧٣ م .
(٨٠) المنطق الوضعى ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٩ م .
(٨١) **سيديو (ل . أ) :**
تاريخ العرب العام ، ترجمة عادل زعيتر ، طبع مصر سنة ١٩٦٩ م .
(٨٢) **الشافعى (الإمام) :**
الرسالة ، تحقيق أحمد محمود شاكر ، طبع مصر سنة ١٣٥٦ هـ .
(٨٣) **الشوكانى (على بن محمد) :**
إرشاد الفحول إلـى تحقيق الحـق من علم الأصـول ، طبع مصر ١٣٥٦ هـ .
(٨٤) **الصوفى (عبد الرحمن) :**
كتاب صور الكواكب الثمانية والأربعين ، طبع حيدر أباد ١٣٧٣ هـ .
(٨٥) **الطبرى (أبو الحسن بن سهل) :**
فردوس الحكمة فى الطب ، طبع برلين سنة ١٩٢٨ م .
(٨٦) **عبد الحليم منتصر (الدكتور) :**
أثر الإسـلام والعرب فى النهضـة الأوربيـة ، طبـع القاهرة سنة ١٩٧٠ م .
(٨٧) تاريخ العلم ، ودور العلماء العرب فى تقدمه ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٣ م .
(٨٨) **عبد الحميد سماحة (الدكتور) :**
جابر بن حيان وأثره فى الكيمياء (مقال بالمؤتمر العلمى العربى الأول لجامعة الدول العربية) طبع القاهرة سنة ١٩٥٣ .
(٨٩) مقدمة فى علم الفلك ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٩ م .
(٩٠) **عبد الرحمن بدوى (الدكتور) :**
التراث اليونانى فى الحضارة الإسلامية ، طبع مصر سنة ١٩٤٠ م .
(٩١) مدخل جديد إلى الفلسفة ، بيروت سنة ١٩٧٥ م .
(٩٢) مناهج البحث العلمى ، القاهرة سنة ١٩٦٣ م .

(٩٣) **عثمان أمين (الدكتور) :**
ديكارت ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٥ م .
(٩٤) **على أحمد الشحات :**
أبو الريحان البيرونى ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(٩٥) **على سامى النشار (الدكتور) :**
مناهج البحث عند مفكرى الإسلام ، طبع الإسكندرية سنة ١٩٧٥ م .
(٩٦) **على عبد الله الدفاع (الدكتور) :**
إسهام علماء المسلمين فى الرياضيات ، تعريب وتعليق د. جلال شوقى ، طبع دار الشروق سنة ١٩٨١ م .
(٩٧) نوابغ علماء المسلمين فى الرياضيات ، (طبع ونشر دار جون وايلى وأبناؤه) نيويورك سنة ١٩٧٨ م .
(٩٨) **على يوسف (المهندس) :**
بحث فى فلسفة الضوء ، طبع القاهرة سنة ١٣٣٦ هـ .
(٩٩) **عمر رضا كحالة :**
العلوم البحتة فى العصور الإسلامية ، طبع دمشق سنة ١٩٧٢ م .
(١٠٠) **عمر فروخ :**
تاريخ العلوم عند العرب ، طبع بيروت سنة ١٩٧٠ م .
(١٠١) **الغزالى (أبو حامد) :**
القسطاس المستقيم ، طبع القاهرة سنة ١٣٥٣ هـ .
(١٠٢) المنقذ من الضلال ، طبع القاهرة سنة ١٩٧٢ م .
(١٠٣) **الفارابى (أبو نصر) :**
إحصاء العلوم ، تحقيق الدكتور عثمان أمين ، طبع القاهرة ١٩٤٩ م .
(١٠٤) كتاب المجموع ، طبع القاهرة سنة ١٣٢٥ هـ .
(١٠٥) كتاب معيار العلم ، طبع بيروت سنة ١٩٦٤ م .
(١٠٦) **الفارسى (كمال الدين) :**
تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر ، طبع حيدر أباد سنة ١٣٤٧هـ .
(١٠٧) **فرانتز روزنتال (الدكتور) :**
مناهج العلماء المسلمين فى البحث العلمى ، ترجمة أنيس فريحة مراجعة

د. وليد عرفات ، طبع بيروت سنة ١٩٦١ م .
(١٠٨) **الفريد تارزكى :**
مقدمة للمنطق ولمنهج البحث فى العلوم الاستدلالية ، ترجمة د. عزمى إسلام ، مراجعة د. فؤاد زكريا ، طبع مصر سنة ١٩٧٠ م .
(١٠٩) **فؤاد زكريا (الدكتور) :**
الأرجانون الجديد (المجلد الثانى من مجلة تراث الإنسانية) طبع القاهرة ، (بدون تاريخ) .
(١١٠) **قدرى طوقان :**
بين العلم والأدب ، طبع القدس سنة ١٩٤٦ م .
(١١١) تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(١١٢) العلوم عند العرب ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .
(١١٣) **كارادفو (البارون) :**
ابن سينا ، ترجمة عادل زعيتر ، طبع بيروت سنة ١٩٧٠ م .
(١١٤) **كارل بوبر :**
عقم المذهب التاريخى ، ترجمة د. عبد الحميد صبرة ، طبع الإسكندرية سنة ١٩٥٩ م .
(١١٥) **كارلونللينو :**
علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ، طبع روما سنة ١٩١١م .
(١١٦) كتاب أثر الإسلام والعرب فى النهضة الأوربية طبع القاهرة سنة ١٩٧٠ م .
(١١٧) **كراتشكوفسكى :**
تاريخ الأدب الجغرافى العربى ، ترجمة صلاح الدين عثمان (الجزء الأول) القاهرة سنة ١٩٦٣ م .
(١١٨) **د. إمام إبراهيم أحمد ، د. جمال الدين الفندى :**
البيرونى ، طبع مصر سنة ١٩٦٨ م .
(١١٩) مجلة الطليعة العلمية المصرية سنة ١٩٧٠ م .
(١٢٠) مجلة عالم الفكر ، المجلد الثالث ، العدد الرابع (الكويت سنة ١٩٧٣م) .
(١٢١)مجلة الفصول ، المجلد السابع ، معهد المخطوطات العربية .
(١٢٢) مجلة كلية الآداب والعلوم (بغداد سنة ١٩٥٧ م) .

(١٢٣) **محمد باقر الصدر :**
الأسس المنطقية للاستقراء ، طبع بيروت سنة ١٩٧٢ م .
(١٢٤) **محمد جمال الدين الفندى (الدكتور) :**
الجغرافيا عند المسلمين ، طبع بيروت سنة ١٩٨٢ م .
(١٢٥) مقدمة تاريخ العلوم وخاصة عند العرب ، طبع القاهرة ١٩٦٩ م .
(١٢٦) **محمد الخضرى (الشيخ) :**
أصول الفقه ، طبع مصر سنة ١٩٦٥ م .
(١٢٧) **محمد خلف الله (الدكتور) :**
الثقافة الإسلامية والحياة المعاصرة ، طبع مصر سنة ١٩٦٢ م .
(١٢٨) **محمد رضا مدور (الدكتور) :**
الناحية الفلكية لابن الهيثم (ضمن محاضرات الاجتماع التخليدى لذكرى الحسن بن الهيثم ـ الجمعية المصرية للعلوم الرياضية والطبيعية) طبع القاهرة سنة ١٩٤٠م .
(١٢٩) **محمد السيد الجليند (الدكتور) :**
نظرية المنطق بين فلاسفة الإسلام واليونان ، طبع القاهرة سنة ١٩٨٥ م .
(١٣٠) **محمد عاطف البرقوقى :**
الخوارزمى ، العالم الرياضى والفلكى ، طبع مصر (بدون تاريخ) .
(١٣١) **محمد فتحى الشنيطى (الدكتور) :**
أسس المنطق والمنهج العلمى ، طبع بيروت سنة ١٩٦٦ م .
(١٣٢) **محمد فرحات عمر :**
طبيعة القانون العلمى ، طبع مصر سنة ١٩٦٦ م .
(١٣٣) **محمد كامل حسين (الدكتور) :**
طب الرازى ، طبع القاهرة سنة ١٩٦١ م .
(١٣٤) الموجز فى تاريخ الطب والصيدلة عند العرب ، (طبع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم) بدون تاريخ .
(١٣٥) **محمد كمال إبراهيم جعفر (الدكتور) :**
تأملات فى الفكر الإسلامى ، طبع القاهرة سنة ١٩٨٠ م .
(١٣٦) من قضايا الفكر الإسلامى ، دراسة ونصوص طبع القاهرة سنة ١٩٧٨م .

(١٣٧) **محمود فهمى زيدان (الدكتور) :**
الاستقراء والمنهج العلمى ، طبع الإسكندرية سنة ١٩٨٠ م .
(١٣٨)كانط وفلسفته النظرية ، طبع دار المعارف سنة ١٩٧٤ م .
(١٣٩) **محمود قاسم (الدكتور) :**
المنطق الحديث ومناهج البحث ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ م .
(١٤٠) **المسعودى :**
التنبيه والإشراف ، طبعة ليدن سنة ١٨٩٣ م .
(١٤١) مروج الذهب ، ومعادن الجوهر ، طبع باريس سنة ١٨٧٨ م .
(١٤٢) **مصطفى عبد الرازق (الشيخ) :**
تمهيد لتاريخ الفلسفة الإسلامية ، طبع القاهرة سنة ١٩٤٤ م .
(١٤٣) **مصطفى لبيب عبد الغنى :**
الكيمياء عند العرب ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٧ م .
(١٤٤) **مصطفى محمد حلمى (الدكتور) :**
منهج علماء الحديث والسنة فى أصول الدين ، طبع الإسكندرية سنة ١٩٨٢م.
(١٤٥) **مصطفى نظيف :**
آراء الفلاسفة الإسلاميين فى الحركة (ضمن محاضرات ابن الهيثم التذكارية) طبع القاهرة سنة ١٩٤٣ م .
(١٤٦) الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية ، القاهرة سنة ١٩٤٢ م .
(١٤٧) علم الطبيعة ، نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث ، طبع القاهرة سنة ١٩٢٧ م .
(١٤٨) **الموسوعة الفلسفية المختصرة :**
ترجمة فؤاد كامل (وآخرين) مراجعة د. زكى نجيب محمود طبع القاهرة سنة ١٩٦٣ .
(١٤٩) **مونتجمرى وات :**
فضل الإسلام على الحضارة الغربية ، ترجمة حسين أحمد أمين ، طبع القاهرة سنة ١٩٨٢ م .
(١٥٠) **نفيس أحمد :**
جهود المسلمين فى الجغرافيا ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .

(١٥١) **أنور عبد العليم :**

ابن ماجد الملاح ، طبع القاهرة سنة ١٩٦٦ م .

(١٥٢) **هنرى بوانكاريه :**

قيمة العلم ، ترجمة الميلودى شغموم ، طبع بيروت سنة ١٩٨٢ م .

(١٥٣) **الواثق بالله عبد المنعم أحمد :**

المنطق ومناهج البحث ، طبع القاهرة (بدون تاريخ) .

(١٥٤) **ول ديورانت :**

قصة الحضارة ، ترجمة محمد بدران ، طبع القاهرة سنة ١٩٥٦ م .

(١٥٥) **ياسين خليل :**

منطق البحث العلمى ، طبع بيروت سنة ١٩٧٤ م .

(١٥٦) **يعقوب صروف :**

بسائط علم الفلك (بدون تاريخ ومكان طبع) .

(١٥٧) **يوسف كرم :**

تاريخ الفلسفة اليونانية ، طبع مصر سنة ١٩٣٦ م .

(١٥٨) تاريخ الفلسفة الحديثة ، طبع مصر سنة ١٩٤٩ م .

المصادر الأجنبية

1 - **Alfred J. Ayer :** The Foundation of Cmpirical Knowledge (London 1940) .

2 - **Andrson F.A. :** The Philosophy of Francis Bacon (Chicago U.S.A. 1948) .

3 - **Broad C. D. :** The Philosophy of Francis Bacon (Cambridge , London 1920) .

4 - **Brunschwieg L . :** Les etapes de la philosophy mathematique (Paris 1912) .

5 - **Burczhardt J. :** The civilization of Renaissance (London 1945)

6 - **Cajori Florian :** A history of Mathematics (U.S.A. 1960) .

7 - **Cajori Florian :** A history of phisics (New York 1979) .

8 - **Carl B. Boyer :** A history of Mathematics (New York 1968) .

9 - **Churchman C. West :** Elements of Logic and Formal Science (London 1963) .

10 - **Carnap R. :** The old and New Logic (U.S.A 1963) .

11 - **Crombi A.G. :** Robert Grossetest and The origins of Expermintal Science (Oxford 1961) .

12 - **Crombi A.G . :** Augstine to Galilio (London 1969) .

13 - **Dampier W.C. :** A history of Science (Cambridge 1966) .

14 - **Draper J. :** A history of Intellectual Decvelopment of Europe (London 1954) .

15 - **Drik J. Struik :** A Concise History of Mathematics (London

1954).

16 - **Eves , Howard** : An Introduction to the History of Mathematics , (New Your; 1964).

17 - Encyclopedia Britannica (London 1959).

18 - **Francis Bacon** : The Advancement of Learning and Novum Organum (The World Great Classics , New York 1900).

19 - **Guido Roggiero** : Modern Philosophy (Allen and Unwinltd , New York 1921).

20 - **Harold Hoffding** : A history of Modern Philosophy (New York 1950).

21- **Hell , Joseph** : Civilization (Cambridge 1962).

22 - **Holmyard E.J.** : Chemistry to the time of Dalton (Oxford 1925).

23 - **Holmyard E. J.** : Makers of Chemistry (Oxford 1946).

24 - **Joseph H.W.** : An Introduction to Logic (Oxföd 1916).

25 - **Marmery Villin J.** : Progress of Science (London 1965).

26 - **Mill J.S.** : A system of Logic (London 1959).

27 - **Moore F.J.** : A history of Science (New York 1939).

28 - **Moritz Schlick** : Philosophy of Nature (New York 1949).

29 - **Pearson , Karl** : The Grammer of Science (London 1946).

30 - **Rene Taton** : History of Science (New York 1963).

31 - **Ritchie A.D** : Scientific Mehtad (London 1923).

32 - **Robert Mcrae** : The Problem of the Unity of the Science from Bacon to Kant (Toronto press 1961).

33 - **Rom Landau** : The Arab Heritage of Western Civilization (New York 1943).

34 - **Ross W.D.** : Aristotle Methaphisics (Every mans library N.Y. 1959).

35 - **Rougier Louis :** La Structure de Theories Deductive (Paris 1921) .

36 - **Rous Ball W. :** AShort Account of the History of Mathematics (New York 1960) .

37 - **Russel , Bertrand :** Human Rnowledge (London 1942) .

38 - **Russel , Bertrand :** Introduction to the Mathematical Philosophy (Goerge Allen & Unwin 1944) .

39 - **Sarton G :** Introduction to the History of Science (Washington 1950) .

40 - **Smith D. E :** History of Mathematics (Boston U.S.A) .

41- **Stapleton H.E. :** Chemistry in Iraque and Persia in Tenth Century (Calcuta 1927) .

42 - **Stebbing , Susan :** Modern Elementary Logic (London 1920) .

43 - **Thomas , Heath :** A history of Greek Mathematics (London 1921) .

44 - **Vegiliuis Ferm :** History of Philosophical Systems (New Jersy 1968) .

فهرس الموضوعات

الموضوع **الصفحة**

الباب الثانى

دور الرياضيات فى تطوير البحث العلمى عند المسلمين

الموضوع	الصفحة

الموضوع | الصفحة

الباب الثالث

تقويم عام للمنهج الرياضى وفائدته للعلم التجريبى

رقم الإيداع بدار الكتب ٤١٨٩ / ٨٨

الترقيم الدولى ٤ ـ ٩٦ ـ ١٤٢١ ـ ٩٧٧

مطابع الوفاء ـ المنصورة
شارع الإمام محمد عبده المواجه لكلية الآداب
ت : ٣٤٢٧٧٢١ - ص.ب : ٢٣٠
تلكس : ٢٤٠٠٤ DWFA UN